



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

**RANCANG BANGUN DAN ANALISA UNJUK KERJA
SINGLE AXIS SOLAR TRACKER BERBASIS LOGIKA
FUZZY**

**Musta'al Rahmatullah
NIM 1712014**

**Dosen Pembimbing
Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
2021**



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

**RANCANG BANGUN DAN ANALISA UNJUK KERJA
SINGLE AXIS SOLAR TRACKER BERBASIS LOGIKA
FUZZY**

**Musta'al Rahmatullah
NIM 1712014**

**Dosen Pembimbing
Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
2021**

RANCANG BANGUN DAN ANALISA UNJUK KERJA SINGLE AXIS SOLAR TRACKER BERBASIS LOGIKA FUZZY

SKRIPSI

Musta'al Rahmatullah
NIM : 1712014

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

**Program Studi Teknik Elektro S-1
Peminatan Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang**

Diperiksa Dan Disetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Awan Uji Krismanto, ST, MT, Ph.D
NIP. 19800301 200501 1 002

Dr. Ir. Widodo Pudji Mujiyanto, MT.
NIP. Y. 1028700171



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.
NIP. P. 1030100361

MALANG
Juli 2021

RANCANG BANGUN DAN ANALISA UNJUK KERJA SINGLE AXIS SOLAR TRACKER BERBASIS LOGIKA FUZZY

¹Musta'al Rahmatullah, ²Awan Uji Krismanto, ST, MT, Ph.D,

³Dr. Ir. Widodo Pudji Mujiyanto, MT.

Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

[¹mustaalahmatullah@gmail.com](mailto:mustaalahmatullah@gmail.com) ,

[²awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id](mailto:awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id), [³widodopm@yahoo.com](mailto:widodopm@yahoo.com)

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi listrik. Energi Surya dapat dimanfaatkan dengan mengubah energi listrik menggunakan panel surya. Pemanfaatan energi yang belum optimal dikarenakan posisi panel surya tidak tegak lurus dengan sinar matahari. Maka dari itu untuk memaksimalkan sinar matahari diperlukan sistem solar tracker agar sel surya dapat bergerak secara otomatis mengikuti arah pergerakan cahaya matahari agar energi listrik yang dihasilkan lebih optimal. Penelitian ini menggunakan sistem kendali fuzzy logic untuk mengatur posisi panel surya agar selalu tegak lurus menghadap cahaya matahari dengan menggunakan sensor LDR sebagai pendeteksi posisi cahaya matahari. Kendali logika fuzzy akan menggerakkan motor linier untuk melakukan aksi kendali terhadap posisi panel surya agar selalu tegak lurus dengan arah datangnya cahaya matahari.

Kata kunci : Solar Tracker, Single Axis, Logika Fuzzy

DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF SINGLE AXIS SOLAR TRACKER BASED ON FUZZY LOGIC

¹Musta'al Rahmatullah, ²Awan Uji Krismanto, ST, MT, Ph.D,

³Dr. Ir. Widodo Pudji Mujiyanto, MT.

Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

[1mustaalahmatullah@gmail.com](mailto:mustaalahmatullah@gmail.com) ,

[2awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id](mailto:awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id), [3widodopm@yahoo.com](mailto:widodopm@yahoo.com)

ABSTRACT

Solar Power Plant (PLTS) is an environmentally friendly renewable energy source utilizing sunlight as a source of electrical energy. Solar energy can be utilized by converting electrical energy using solar panels. Energy utilization is not optimal because the position of the solar panels is not perpendicular to the sun's rays. Therefore, to maximize sunlight, a solar tracker system is needed so that solar cells can move automatically following the direction of movement of sunlight so that the electrical energy produced is more optimal. This study uses a fuzzy logic control system to adjust the position of the solar panel so that it is always perpendicular to the sun by using the LDR sensor as a detector of the position of sunlight. Fuzzy logic control will drive a linear motor to control the position of the solar panel so that it is always perpendicular to the direction of the sun's rays.

Keywords : Solar Tracker, Single Axis, Logika Fuzzy

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat, karunia dan hidayah-Nya, penyusunan skripsi yang berjudul **“RANCANG BANGUN DAN ANALISA UNJUK KERJA SINGLE AXIS SOLAR TRACKER BERBASIS LOGIKA FUZZY”** dapat diselesaikan dengan baik..

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak dan berkah dari Tuhan Yang Maha Esa sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat diatasi. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada Bapak dan Ibu yang senantiasa mendoakan, memberikan bantuan moril, materi, dan nasehat selama penulis menjalani pendidikan..

Selanjutnya ucapan terima kasih penulis sampaikan pula kepada:

1. Kedua Orang Tua saya yang selalu mendoakan serta terus memberi semangat selama saya skripsi dan cepat terselesaikan buku skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektronika S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan dan masukan.
4. Bapak Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT. sebagai Dosen Pembimbing II yang selalu memberi bimbingan dan masukan.
5. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE. sebagai selaku Dosen Penguji I yang telah membantu dalam penulisan dan masukan.
6. Bapak Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT. sebagai Dosen Penguji II yang telah membantu dalam penulisan dan masukan.
7. Teman-teman saya yang sudah membantu saya dalam pengerjaan skripsi.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Teori Dasar	5
2.2 Radiasi Matahari.....	5
2.3 Panel Surya	7
2.4 Motor Aktuator Linear.....	8
2.5 Arduino Nano	9
2.6 Sensor Cahaya LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>)	10
2.7 Sensor Arus (ACS712)	11
2.8 Sensor Tegangan DC	12
2.9 Sensor Cahaya GY 49.....	12
2.10 DC-DC Step-Down (Buck)	13
2.11 Solar Charge Controller.....	14
2.12 Baterai	14
2.13 Lampu.....	15

2.14	Logika Fuzzy	16
2.15	Flowchart	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Deskripsi Sistem	21
3.2	Perancangan Perangkat Keras.....	24
3.3	Alur Perancangan dan Pembuatan Alat	25
3.4	Cara Kerja single axis solar tracker	25
3.5	Pemrograman Arduino	28
3.6	Skema Rangkaian Alat	31
3.6.1	Rangkaian Sensor Cahaya LDR	31
3.6.2	Rangkaian Motor Aktuator Linear	32
3.6.3	Rangkaian Sensor Tegangan DC.....	34
3.6.4	Rangkaian Sensor Arus	35
3.6.5	Rangkaian Sensor Cahaya GY 49	36
3.6.6	Rangkaian Alat Keseluruhan.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1	Prosedur Pengujian	39
4.2	Tampilan Fungsi keanggotaan Fuzzy	40
4.3	Tampilan <i>Rule Fuzzy</i>	41
4.4	Tampilan Metode <i>Defuzzifikasi</i>	42
4.5	Alat Pendukung Pengujian Alat.....	43
4.6	Pengujian Sensor Tegangan DC	44
4.7	Pengujian Sensor Arus.....	45
4.8	Pengujian Motor Aktuator Linear.....	46
4.9	Pengujian Solar Charger Controller.....	47
4.10	Foto Uji Coba Solar Tracker	48

4.11	Hasil Pengujian <i>Solar Tracker</i>	50
4.12	Grafik Hasil Pengujian Solar Tracker Logika Fuzzy dan PID 51	
4.13	Grafik Hasil Perbandingan Logika Fuzzy dan PID	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA		57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Vertical dan Inclined Rotating Axis (Ardiatama, 2017)	5
Gambar 2.2 Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	7
Gambar 2.3 Motor Aktuator Linear.....	8
Gambar 2.4 Bagian Depan Arduino Nano.....	9
Gambar 2.5 Bagian Belakang Arduino Nano	9
Gambar 2.6 Sensor Cahaya LDR.....	11
Gambar 2.7 Sensor Arus ACS712	11
Gambar 2.8 Sensor Tegangan DC	12
Gambar 2.9 Sensor cahaya GY 49.....	13
Gambar 2.10 DC-DC <i>step-down (buck)</i>	13
Gambar 2.11 Solar Charge Controller	14
Gambar 2.12 Baterai / Aki.....	15
Gambar 2.13 Lampu.....	16
Gambar 2.14 Diagram Blok <i>Logika Fuzzy</i>	17
Gambar 2.15 <i>Flowchart</i> pembuatan Sistem <i>Fuzzy</i>	18
Gambar 2.16 <i>Flowchart</i> Sensor Arus dan Tegangan.....	19
Gambar 3.1 Block Diagram Rancangan Sistem	22
Gambar 3.2 Flowchart alur perencanaan dan pembuatan alat	26
Gambar 3.3 Flowchart cara kerja rangkain.....	27
Gambar 3.4 Tampilan awal Program Arduino.....	28
Gambar 3.5 Bentuk Code Arduino	29
Gambar 3.6 Bentuk Code Fuzzy.....	29
Gambar 3.7 Flowchart Program Fuzzy.....	30

Gambar 3.8 Rangkaian Sensor Cahaya LDR.....	31
Gambar 3.9 Rangkaian Motor Aktuator Linear.....	32
Gambar 3.10 Rangkaian Sensor Tegangan DC	34
Gambar 3.11 Rangkaian Sensor Arus.....	35
Gambar 3.12 Rangkaian Sensor Cahaya GY 49.....	37
Gambar 3.13 Rangkaian Alat Keseluruhan	38
Gambar 4.1 Tampilan Awal menu FIS-Mamdani	39
Gambar 4.2 Tampilan Fungsi Keanggotaan variable input Sensor LDR	40
Gambar 4.3 Tampilan Fungsi keanggotaan variable output Motor Linier	41
Gambar 4.4 Tampilan Aturan Fuzzy Rule.....	42
Gambar 4.5 Tampilan Defuzzifikasi.....	43
Gambar 4.6 Proses Upload Program	44
Gambar 4.7 Software GUI Solar Tracker	44
Gambar 4.8 Rangkaian Sensor Tegangan DC	45
Gambar 4.9 Rangkaian Sensor Arus.....	45
Gambar 4.10 Rangkaian Motor Aktuator Linear	46
Gambar 4.11 Solar Tracker	46
Gambar 4.12 Rangkaian Solar Charger Controller.....	47
Gambar 4.13 Solar Charger Controller.....	47
Gambar 4.14 Pengujian Solar Tracker.....	48
Gambar 4.15 Pengujian Solar Tracker.....	49
Gambar 4.16 Grafik Solar Tracker Fuzzy	51
Gambar 4.17 Grafik Solar Tracker PID.....	51
Gambar 4.18 Grafik Intensitas Cahaya Solar Tracker Fuzzy Dan PID	52

Gambar 4.19	Grafik Tegangan Solar Tracker Fuzzy Dan PID	52
Gambar 4.20	Grafik Arus Solar Tracker Fuzzy Dan PID	53
Gambar 4.21	Grafik Daya Solar Tracker Fuzzy Dan PID	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Radiasi Matahar.....	6
Tabel 2.2 Spesifikasi Panel Surya	8
Tabel 2.3 Spesifikasi Motor Aktuator Linear	8
Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino Nano.....	10
Tabel 2.5 Spesifikasi Sensor Cahaya LDR.....	11
Tabel 2.6 Spesifikasi Sensor Arus ACS712	12
Tabel 2.7 Spesifikasi Sensor Tegangan DC	12
Tabel 2.8 Spesifikasi Sensor Cahaya GY 49	13
Tabel 2.9 Spesifikasi DC-DC step-down (buck)	13
Tabel 2.10 Spesifikasi Solar Charge Controller	14
Tabel 2.11 Spesifikasi Baterai / Aki.....	15
Tabel 3.1 Perangkat keras yang Digunakan	24
Tabel 3.2 Konfigurasi Pin Sensor Cahaya LDR.....	32
Tabel 3.3 Konfigurasi Pin Aktuator Linear	33
Tabel 3.4 Konfigurasi Pin Sensor Tegangan DC.....	35
Tabel 3.5 Konfigurasi Pin Sensor Arus	36
Tabel 3.6 Konfigurasi Pin Sensor Cahaya GY 49	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan Zaman pada era global saat ini menyebabkan kebutuhan energi terus meningkat drastis, pada hal ini dikarenakan pertumbuhan jumlah penduduk terus meningkat sehingga dalam sektor ekonomi dan pola konsumsi itu sendiri terus mengalami peningkatan. Namun ketersediaan energi fosil semakin hari semakin menipis. Oleh sebab itu alternative lain yang digunakan yaitu menggunakan energi terbarukan (*renewable energy*). Kebutuhan akan pemanfaatan sumber energi listrik terbarukan semakin meningkat dengan adanya krisis energi dan juga adanya isu pemanasan global. Berbagai macam sumber energi terbarukan telah dikembangkan oleh para peneliti seperti pembangkit listrik tenaga surya, air, angin, biomassa, pasang surut air laut, panas bumi dan lain-lain. Pada Negara maju sudah banyak yang memakai renewable energi sebagai sumber dayanya.

Energi listrik dari sinar matahari melalui solar photovoltaic (PV) merupakan salah satu alternative yang populer pengganti listrik dari pembangkit dengan bahan bakar fosil. Listrik dari tenaga matahari ini menarik karena ketersediaan sumber energinya terjamin dan biaya operasionalnya rendah, yaitu dibawah 1 USD per watt [1.2]. Panel surya statis umumnya menghasilkan listrik kurang lebih 4,5 kWh/hari/m² (tergantung pada lokasi di permukaan bumi) jumlah listrik yang dibangkitkan tersebut dapat ditingkatkan dengan membuat panel surya untuk bergerak mengikuti matahari. Beberapa penelitian tentang pelacakan panel surya dilakukan sejak tahun 2000. Misalnya paulek dkk memanfaatkan rotor dinamis untuk menggerakkan panel surya atas dasar panas yang diterima [3]. Akurasi sistem ini masih sangat rendah karena sangat tergantung pada panas yang didapatkan.

Radiasi matahari terdiri dari tiga jenis radiasi langsung, radiasi hambur radiasi total ketika cuaca mendung atau pada saat solar cell basah, solar cell tidak dapat menangkap radiasi matahari yang cukup untuk menghasilkan Listrik (M Helmi, 2019)

Panel surya digunakan secara umum hanya untuk kondisi tetap atau statis, sedangkan intensitas cahaya matahari selalu berubah berdasarkan sudut cahaya matahari terhadap panel surya. Tentu dengan kondisi statis tersebut intensitas cahaya matahari yang diserap panel surya menjadi tidak optimal. Intensitas cahaya matahari dapat diserap dengan optimal oleh panel surya jika posisi matahari berada tegak lurus terhadap panel surya. Agar cahaya matahari dapat diserap oleh panel surya secara optimal membutuhkan alat penjejak cahaya matahari.

Selain itu masalah panel surya adalah memiliki efisiensi yang rendah dalam menghasilkan daya output maksimum dari matahari. Untuk mengatasi masalah ini banyak penelitian telah dilakukan efisiensi daya keluaran dengan menggunakan sistem pacak surya atau solar tracker.(suwarti,2018)

Dengan demikian efisiensi energi matahari dapat ditingkatkan dengan menerapkan sistem pelacakan atau solar tracker agar mendapatkan titik daya maksimum untuk panel surya. Dalam pengendalian sistem penjejak ini diperlukan suatu metode yang dapat mempermudah kita untuk pengontrolan alat. Yaitu dengan metode fuzzy logic (MFL) yang prinsip kerjanya menyerupai system kendali pada manusia. Maka diharapkan dapat mengalihkan penjejak matahari agar dapat beroperasi dengan maksimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, maka dapat diketahui rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendesain dan merancang sistem *tracking* untuk pembangkit listrik tenaga surya agar dapat bergerak mengikuti sinar matahari?
2. Bagaimana mendesain dan merancang sistem?
3. Bagaimana unjuk kerja sistem kendali pada *single axis solar tracker*?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mendesain dan merancang *single axis solar tracking system* menggunakan *logika fuzzy* yang dapat digunakan pada semua wilayah atau area. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisa unjuk kerja sistem kendali *single axis solar tracking* berbasis *logika fuzzy*

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan-rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas, maka diperlukan suatu batasan masalah agar penelitian ini dapat memenuhi tujuannya. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menggunakan metode *Logika Fuzzy* sebagai kontrolnya
2. Kendali *Solar tracker* ini hanya beroperasi satu arah (*Single Axis*).
3. *Solar tracking system* ini berbasis mikrokontroler Arduino
4. *Solar tracking system* ini dibuat dalam bentuk *prototype* (rancang bangun)
5. Sistem menggunakan *actuator linier* sebagai penggerak
6. *Solar tracker* ini menggunakan panel surya berdaya 100 WP.
7. Menggunakan sensor LDR (*Ligt Dependent Resistor*) untuk menggerakkan solar sel secara otomatis mengikuti sinar matahari

1.5 Sistemmatika Penulisan

Sistematika dalam penyusunan skripsi ini disusun menjadi beberapa serta diuraikan dengan pembahasan yang sesuai daftar isi. Adapun sistematika penyusunannya sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab pertama membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua membahas mengenai penjelasan tentang komponen penelitian yang digunakan berupa: Teori dasar, radiasi matahari, panel surya, motor servo, arduino uno, sensor cahaya LDR, *solar charge controller*, baterai (aki), dan *Logika Fuzzy*

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ketiga membahas mengenai penjelasan tentang deskripsi sistem, perancangan perangkat keras, skema rangkaian alat, perancangan perangkat lunak.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab keempat membahas mengenai pengujian program *Logika Fuzzy*, sensor-sensor, motor *aktuator linear*, dan penujian *solar tracker*.

BAB V : PENUTUP

Pada bab kelima membahas mengenai kesimpulan yang didapat saat penujian *solar tracker* dan saran untuk pengembangan *solar tracker single axis* dengan metode *Logika Fuzzy*

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang sumber kutipan yang dipakai pada skripsi yang diantaranya berupa jurnal, buku, dan lain-lain.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar

Single Axis Tracking adalah alat yang digunakan untuk memanfaatkan sinar matahari pada solar cell secara maksimal dengan mengikuti arah matahari dari timur ke barat. Bergerak mengikuti sumbu putar *vertical*. Sumbu putar *vertical* pada tracking matahari dimaksudkan untuk mengikuti sudut *azimuth* matahari yang di ukur dari timur ke barat. Secara umum penjejak matahari diklasifikasikan menjadi dua yaitu penjejak matahari satu sumbu dan penjejak matahari dua sumbu. Penjejak matahari sumbu dibedakan menjadi dua yaitu penjejak matahari *vertical* dan penjejakan sumbu *horizontal* [9]. *Solar tracker single axis* ini dilengkapi dengan 2 sensor LDR sebagai pendeteksi cahaya matahari yang berfungsi sebagai pennggerak panel surya untuk mengikuti dimana cahaya matahari berada. Sebagai penggeraknya alat ini dilengkapi dengan motor linier.



Gambar 2.1 Vertical dan Inclined Rotating Axis (Ardiatama, 2017)

2.2 Radiasi Matahari

Energi radiasi matahari yang dipancarkan tidak semua sampai ke permukaan, dari 100% radiasi yang telah dipancarkan oleh matahari, hanya sekitar 48-50% yang sampai secara langsung ke permukaan bumi. (NASA *Earth Observatory*, 2008). Proporsi radiasi total (*global radiation*) dipengaruhi oleh kondisi atmosfer bumi. Pada kondisi cuaca

mendung atau berawan tebal radiasi matahari yang diteruskan ke permukaan menjadi lebih sedikit. Hal tersebut terjadi dikarenakan radiasi yang dipancarkan oleh matahari terhambat oleh adanya tutupan awan sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan arah reduksi oleh air dan zat endapan di atmosfer. [14]

Pada faktor posisi garis lintang akan dilakukan analisis mengenai intensitas radiasi matahari di kota Malang yang berada pada $112,06^\circ - 112,07^\circ$ Bujur Timur dan $7,06^\circ - 8,02^\circ$ Lintang Selatan. Faktor pengaruh atmosfer dianalisis dari hubungan curah hujan di kota Malang dengan intensitas radiasi matahari. [15] Pada tabel yang bersumber dari badan pusat statis (BPS) berdasarkan badan meteorologi, klimatologi, dan geofisika (BMKG) jumlah radiasi matahari paling tinggi berada pada bulan oktober yang mencapai 430 g/kal/cm^2 sedangkan yang terendah berada pada bulan juli yang hanya mencapai $296,40 \text{ g/kal/cm}^2$. Data-data tersebut setiap tahunnya dapat berubah-ubah, jadi tidak dapat dipastikan secara pasti.

Tabel 2.1 Radiasi Matahar

Bulan	Penyinaran Matahari	Radiasi Matahari (gram/kal/cm ²)	Penguapan (mm)
Januari	27	299,40	120
Februari	31	318,80	114
Maret	52	369,20	142
April	51	351,70	134
Mei	85	376,20	138
Juni	64	356	132
Juli	46	296,40	106
Agustus	66	377,80	146
September	71	419,70	180
Oktober	71	430	207
November	49	372	180
Desember	31	306,90	105

2.3 Panel Surya

Panel surya atau solar panel adalah suatu komponen yang terdiri dari sel surya yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. Panel surya bekerja tidak hanya pada saat ada matahari saja, meskipun malam hari sistem panel surya tetap dapat menyuplai kebutuhan energi listrik. Karena pada saat matahari terbit sampai terbenam, energi cahaya matahari yang diserap akan diubah menjadi energi listrik lalu disimpan kedalam baterai sehingga dapat digunakan waktu malam hari. Panel surya memiliki beberapa jenis antara lain:

- ***Monocrystalline Silicon***

Merupakan panel surya yang dibuat dari lempengan tipis kristal murni. Kelemahan panel surya ini ialah tidak dapat berfungsi dengan baik ketika kondisi cuaca mendung atau cahaya matahari kurang dan nilai efisiensinya akan turun secara drastis. Panel surya jenis ini memiliki nilai efisiensi paling tinggi yaitu 15% - 20%.

- ***Polycrystalline***

Merupakan panel surya yang dibuat dengan cara melebur batang kristal dan memiliki susunan kristal acak. Hanya saja tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan tipe panel surya lainnya untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Meskipun cuaca sedang mendung panel surya tipe ini dapat menghasilkan listrik dan memiliki efisiensi sekitar 13% - 16%.

- ***Thin Film Solar Cell***

Merupakan panel surya yang dibuat dengan dari lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Tipe panel surya ini sangat tipis, ringan dan fleksibel. Panel surya jenis ini memiliki nilai efisiensi sekitar 8% - 12%.



Gambar 2.2 Panel Surya *Polycrystalline*

Pada penelitian ini jenis panel surya yang digunakan ialah panel surya berjenis *polycrystalline*, karena panel surya jenis ini memiliki umur yang panjang, efisiensi yang baik, biaya instalasi yang lebih rendah, dan panel surya ini cocok digunakan pada saat cuaca tidak menentu. [16]

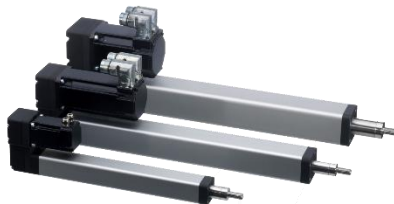
Tabel 2.2 Spesifikasi Panel Surya

Spesifikasi	Keterangan
Peak Power (Pmax)	100 W
Efficiency (EFF)	17,6 %
Maximum Power Current (Imp)	5,55 A
Maximum Power Voltage (Vmp)	18 V
Short Circuit Current (Isc)	6,22 A
Open Circuit Volt (Voc)	21,24 V

2.4 Motor Aktuator Linear

Motor aktuator linear adalah suatu alat atau komponen mekanik yang mengubah gerakan rotasi menjadi gerakan linier, motor aktuator linear ini bekerja pada input tegangan atau arus listrik.

Karena sistem kerja motor aktuator linear ini diperlukan untuk menggerakkan panel surya secara vertikal atau horizontal. Apabila motor aktuator linear ini diberikan nilai *duty cycle* sebesar 255, maka motor aktuator linear akan bergerak naik mendorong panel surya menghadap matahari. Sedangkan jika motor aktuator linear diberikan nilai *duty cycle* sebesar 0, maka motor aktuator linear akan bergerak turun menarik panel surya menghadap matahari.



Gambar 2.3 Motor Aktuator Linear

Tabel 2.3 Spesifikasi Motor Aktuator Linear

Spesifikasi	Keterangan
Input Voltage	12V (DC)
Maximum Stall Torque	1500N

2.5 Arduino Nano

Arduino merupakan sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “platform” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memory microcontroller. Arduino Nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan breadboard. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3.x) atau ATmega 168 (untuk Arduino versi 2.x). Arduino Nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino Nano tidak menyertakan colokan DC berjenis Barrel Jack, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech.



Gambar 2.4 Bagian Depan Arduino Nano



Gambar 2.5 Bagian Belakang Arduino Nano

Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino Nano

Spesifikasi	Keterangan
Operating Voltage	5V (DC)
Input Voltage	7-12V
Maximum Stall Torque	1500N
Digital I/O	6 Pins
PWM Digital I/O	6 Pins

Dalam penelitian ini arduino yang digunakan adalah arduino Nano berfungsi sebagai otak untuk membaca sensor cahaya, lalu diproses oleh mikrokontroler sehingga menghasilkan output berupa pergerakan motor *aktuator linear* yang membuat panel surya dapat memaksimalkan penyerapan energi cahaya matahari.

2.6 Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah salah satu jenis resistor yang nilai resistansinya dapat berubah-ubah sesuai intensitas cahaya yang diterima oleh sensor ini. Maka dapat dikatakan semakin besar nilai intensitas cahaya yang diterima maka semakin kecil nilai resistansinya, begitu pula sebaliknya semakin kecil nilai intensitas cahaya yang diterima maka semakin besar nilai resistansinya. [19] Pada umumnya sensor ini memiliki nilai hambatan sebesar $200\text{ K}\Omega$ dalam kondisi sedikit cahaya (gelap) dan nilai hambatan akan menurun menjadi $500\text{ }\Omega$ dalam kondisi terang. Pada penelitian ini sensor ini digunakan untuk menangkap sinar cahaya matahari dan sebagai input dari arduino. Adapun kelebihan dari sensor LDR, ialah:

- Sensor ini sangat tergantung oleh kondisi cahaya di sekitar. Hal tersebut tidak akan mengganggu kinerja *device* yang menggunakan LDR.
- Sensor ini memiliki konsep yang paling simple dan juga harganya cukup terjangkau.



Gambar 2.6 Sensor Cahaya LDR

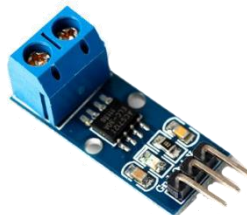
Tabel 2.5 Spesifikasi Sensor Cahaya LDR

Spesifikasi	Keterangan
Maximum Power Voltage	150V (DC)
Resistance	10 – 100k Ω
Operation Temperature	-30 ⁰ – 70 ⁰ C

2.7 Sensor Arus (ACS712)

Sensor ACS712 adalah salah satu komponen elektronika yang dapat mendeteksi adanya aliran arus listrik bolak-balik maupun searah. Sensor ACS712 memiliki ketepatan pembacaan yang tinggi, karena sensor ACS712 terdapat rangkaian low-offset linear Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari bahan tembaga.

Cara kerja dari sensor arus ACS712 adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalam sensor ACS712 kemudian menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional.



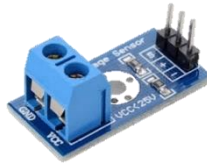
Gambar 2.7 Sensor Arus ACS712

Tabel 2.6 Spesifikasi Sensor Arus ACS712

Spesifikasi	Keterangan
Operation Voltage	5V (DC)
Maximum Power Current	30A
Resistance	1,2 m Ω
Range Sensitivity	66 – 185 mV/A
Error Value	1,5%

2.8 Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan DC adalah salah satu komponen elektronika yang dapat mendeteksi adanya tegangan listrik searah. Modul sensor tegangan terdapat 2 resistor, yaitu: 7,5k Ω dan 30k Ω yang digunakan sebagai pembagi tegangan, sehingga tegangan vcc menjadi 5 kali lebih kecil.

**Gambar 2.8** Sensor Tegangan DC**Tabel 2.7** Spesifikasi Sensor Tegangan DC

Spesifikasi	Keterangan
Operation Voltage	5V (DC)
Input Voltage	25V (DC)

2.9 Sensor Cahaya GY 49

Sensor cahaya GY 49 adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai alat pendeteksi besaran nilai cahaya yang ditangkap dalam satuan lux. Kemudian nilai tersebut akan dibaca oleh arduino UNO dan ditampilkan dalam serial monitor.



Gambar 2.9 Sensor cahaya GY 49

Tabel 2.8 Spesifikasi Sensor Cahaya GY 49

Spesifikasi	Keterangan
Input Voltage	1,7V – 3,6V (DC)
Operating Current	0,65 μ A
Range Temperature	-40 ⁰ C – 80 ⁰ C

2.10 DC-DC Step-Down (Buck)

DC-DC *step-down (buck)* adalah merupakan komponen penurun tegangan dimana input dan output listriknya berupa arus searah DC. Dimana jenis DC-DC *step-down (buck)* yang digunakan dalam penelitian ini ialah regulator LM2596



Gambar 2.10 DC-DC *step-down (buck)*

Tabel 2.9 Spesifikasi DC-DC step-down (buck)

Spesifikasi	Keterangan
Input Voltage	3,2V - 40V (DC)
Output Voltage	1,2V - 35V (DC)

Rated Current	2A
Max Current	3A

2.11 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah suatu peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah dari panel surya yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* dapat mengatur *overcharging* dan kelebihan voltase dari panel surya. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Adapun beberapa fungsi detail dari *solar charge controller* ialah sebagai berikut:

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*.
- Mengatur arus yang diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge*, dan
- *overloading*.
- Monitoring temperatur.



Gambar 2.11 Solar Charge Controller

Tabel 2.10 Spesifikasi Solar Charge Controller

Spesifikasi	Keterangan
Rated Voltage	12V / 24V (DC)
Rated Current	10A
Max.PV Voltage	50V (DC)
Max.PV Input Power	120W (12V) /240W (24V)

2.12 Baterai

Baterai atau aki adalah suatu alat yang merubah besaran kimia menjadi besaran listrik. Baterai digunakan untuk menyimpan energi

listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Pada penelitian ini baterai sangat berguna untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan panel surya pada siang hari dan kemudian energi listrik tersebut dapat digunakan oleh beban yang dibutuhkan waktu malam hari.



Gambar 2.12 Baterai / Aki

Tabel 2.11 Spesifikasi Baterai / Aki

Spesifikasi	Keterangan
Voltage	12V (DC)
Battery Capacity	7Ah

2.13 Lampu

Lampu adalah salah satu benda yang dapat menghasilkan cahaya yang bersumber dari energi listrik. Pada penelitian ini lampu digunakan sebagai beban yang dihubungkan pada *solar charge controller* dan aki. Jenis lampu yang digunakan ialah lampu AC (*Alternating Current*) yang telah dipasang fitting *inverter* agar dapat dihubungkan dengan *solar charge controller* dan aki.



Gambar 2.13 Lampu

Tabel 2.12 Spesifikasi Lampu

Spesifikasi	Keterangan
Watt	40 W
Lumen	3800 Lm

2.14 Logika Fuzzy

Perancangan yang dibangun pada makalah ini terkait sistem pengontrol *Logika Fuzzy*. Perlu diketahui terlebih dahulu bahwa model *Logika Fuzzy* merupakan hubungan input-output yang berisi Fuzzifier, mesin inference, defuzzifier dan sebuah basis aturan *Fuzzy (Fuzzy Rule Base)*

A. Input dan Output

Untuk menjalankan pengontrolan *Logika Fuzzy* dalam suatu program, langkah pertama adalah mengidentifikasi variable input dan *output fuzzy*. Dalam perencanaan ini terdapat 1 set input dan output dimana setiap output dikendalikan oleh satu input. setiap input berasal dari perbedaan nilai output antara dua sensor LDR untuk mengontrol output yang merupakan rotasi motor. Oleh karena itu setiap input akan mengontrol satu output pada arah Timur-Barat

B. Fuzzification

Fuzzification adalah proses mengubah nilai *crisp* menjadi *variable linguistic (fuzzy)* yang disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan satu fungsi keanggotaannya masing-masing. Misalnya ketika S1 mendeteksi intensitas

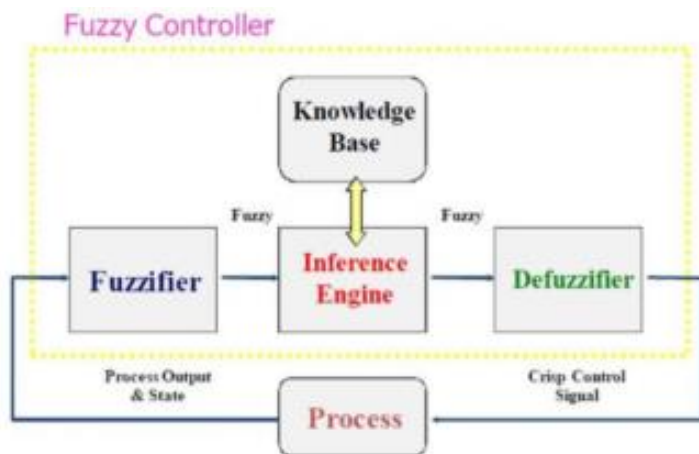
cahaya lebih tinggi dari pada S2 maka himpunan *fuzzy* ditentukan *negative*.

C. *Knowledge Base*

Pengontrolan *Logika Fuzzy* terdiri dari data base dan basis aturan. Aturan *control fuzzy* dalam perancangan *solar tracker* ini didasarkan pada proses model *fuzzy*, yang berarti bahwa aturan control fuzzy *IF-THEN* dibuat untuk melacak maksimum intensitas cahaya matahari. Metode ini sedikit rumit dari pada metode lain, tetapi menghasilkan kinerja dan keandalan yang lebih tinggi.

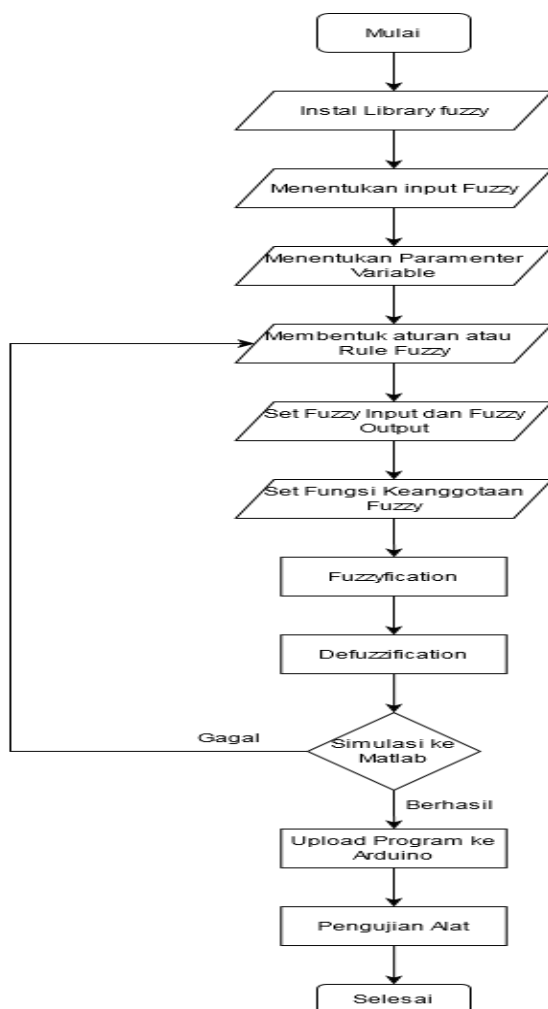
D. *Defuzzifikasi*

Defuzzifikasi merupakan langkah terakhir dalam sistem *fuzzy logic* dimana tujuannya untuk mengkonversikan setiap hasil dari *inference engine* yang diekspresikan dalam bentuk *fuzzy set* kesatuan bilangan real. Hasil konversi tersebut merupakan aksi yang diambil oleh sistem kendali *fuzzy*.

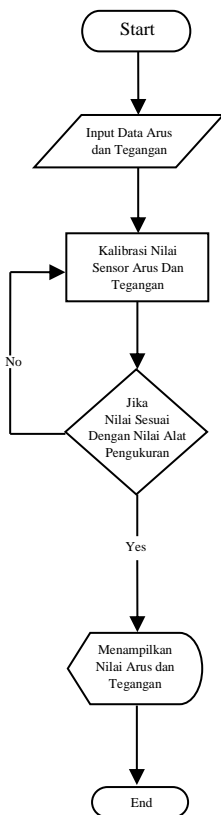


Gambar 2.14 Diagram Blok *Logika Fuzzy*

2.15 Flowchart



Gambar 2.15 *Flowchart* pembuatan Sistem Fuzzy



Gambar 2.16 *Flowchart* Sensor Arus dan Tegangan

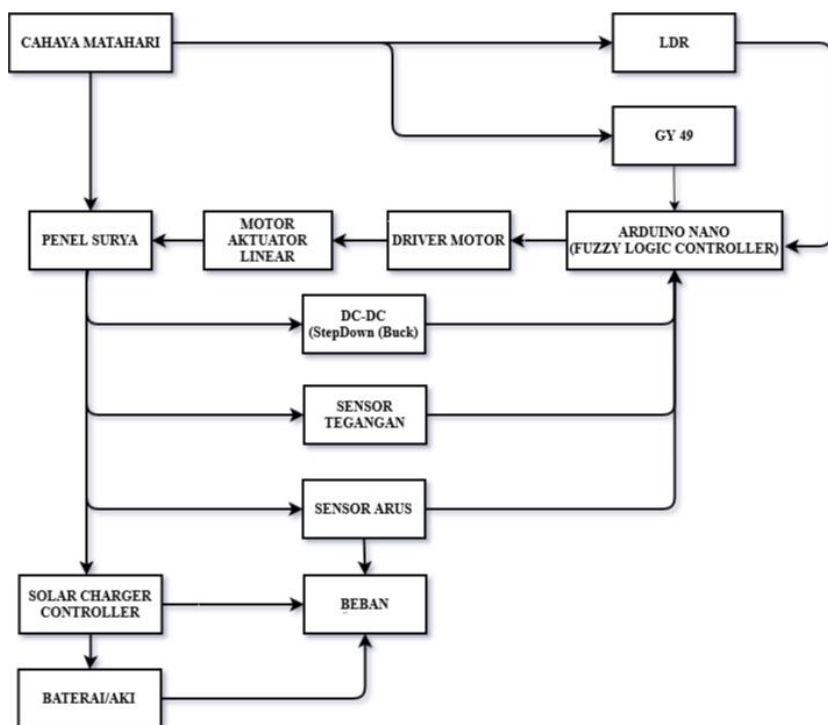
(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi Sistem

Dalam penelitian ini akan membahas mengenai *tracking solar panel* menggunakan metode *Logika Fuzzy*. Dimana *Logika fuzzy* berfungsi untuk melakukan prediksi sudut atau arah dari cahaya matahari dan mempelajari pola pergerakan dari intensitas cahaya matahari. Sehingga penggunaan aplikasi yang bekerja melalui sistem *Logika Fuzzy* akan menyimpan nilai intensitas yang diterima LDR yang nantinya dieksekusi oleh *Logika Fuzzy* untuk pergerakan *actuator linear* agar pola pergerakan dari matahari dengan langkah yang tepat dan bersifat efektif. Dimana sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) berfungsi sebagai sensor sekaligus input dari *Logika Fuzzy*. Lalu pola yang telah dipelajari *Logika Fuzzy* akan disimpan kedalam *Mikrokontroler Arduino*. Dan output dari program tersebut akan menggerakkan motor *actuator linear* dan menggerakkan panel surya agar mengikuti arah pergerakan cahaya matahari. Kemudian hasil dari intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya akan dibaca oleh sensor arus dan tegangan akan ditampilkan diserial monitor Arduino dan *GUI solar tracker*



Gambar 3.1 Block Diagram Rancangan Sistem

Berikut adalah penjelasan mengenai tiap-tiap komponen yang digunakan dalam perancangan alat tersebut:

1. Solar panel, berfungsi sebagai alat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*.
2. Sensor cahaya LDR, berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk menangkap sinar cahaya matahari dan sebagai input dari arduino.
3. Motor *aktuator linear*, berfungsi sebagai alat penggerak untuk menggerakkan panel surya menghadap matahari agar mendapatkan energi secara maksimal.
4. Driver motor, berfungsi untuk mengatur kerja pada motor aktuatur linear
5. Arduino uno, berfungsi sebagai pusat kendali dari seluruh rangkaian, dimana arduino ini menerima data dari sensor LDR kemudian data tersebut dikalibrasi dan ditraining oleh *Logika Fuzzy*. Lalu data hasil training akan menjadi output untuk menggerakkan motor motor actuator linear Arduino ini juga menghasilkan output berupa sensor tegangan, sensor arus, dan sensor cahaya GY49 yang di tampilkan pada serial monitor dan GUI solar tracker
6. Sensor tegangan, berfungsi sebagai alat pembaca nilai tegangan yang dikeluarkan panel surya dan sebagai input Arduino
7. Sensor arus, berfungsi sebagai alat pembaca nilai arus yang dikeluarkan panel surya dan sebagai input arduino
8. Sensor Cahaya GY 49, berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk pendeteksi besaran nilai cahaya yang ditangkap dalam satuan lux.
9. DC-DC StepDown (Buck), berfungsi sebagai penurunan tegangan panel surya menjadi 5V agar dapat digunakan pada Arduino nano
10. *Solar charge controller*, berfungsi sebagai alat untuk mengatur arus searah dari panel surya yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban.

11. Baterai, berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan panel surya pada siang hari dan kemudian energi listrik tersebut dapat digunakan oleh beban yang dibutuhkan waktu malam hari.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Berikut ini merupakan perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan rancang bangun *prototype* ini:

Tabel 3.1 Perangkat keras yang Digunakan

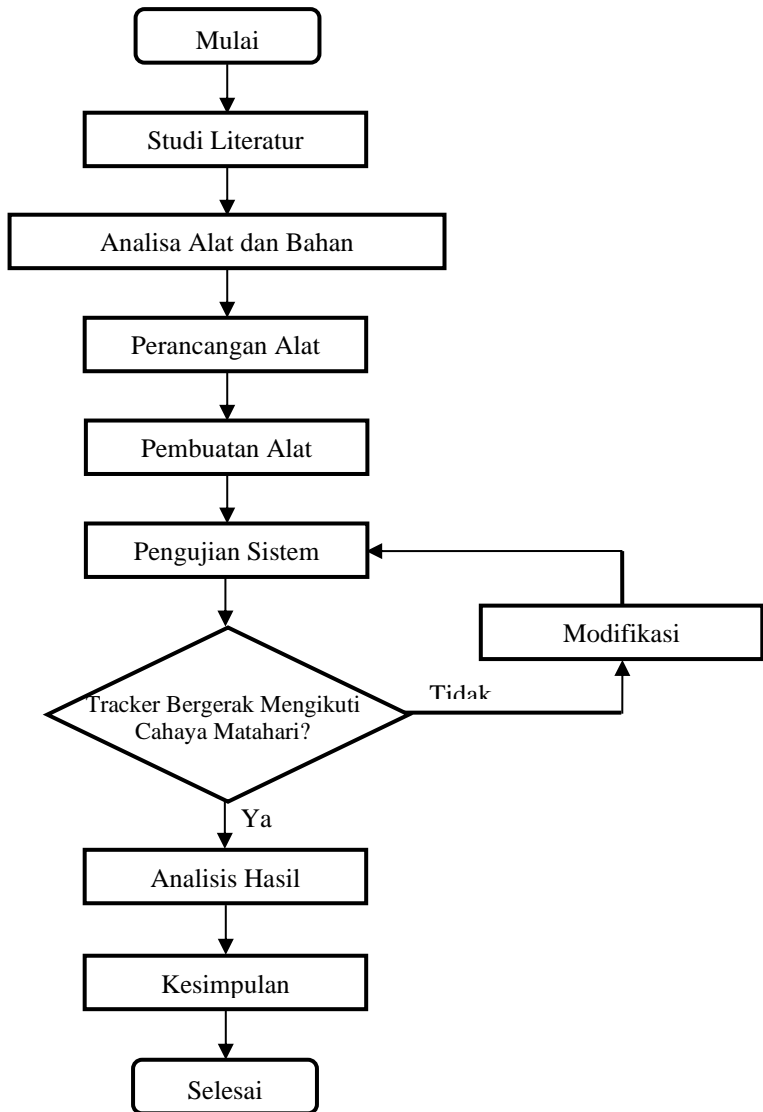
No.	Nama Perangkat	Kuantitas
1.	Panel Surya 100 WP	1
2.	<i>Solar Charge Controller</i>	1
3.	Baterai / Aki	1
4.	Senso Cahaya LDR	2
5.	Arduino Uno	1
6.	Motor Aktuator Linear	1
7.	Sensor Tegangan DC	1
8.	Sensor Arus	1
9.	DC-DC <i>step down (buck)</i>	1
10	Sensor Cahaya GY 49	1

3.3 Alur Perancangan dan Pembuatan Alat

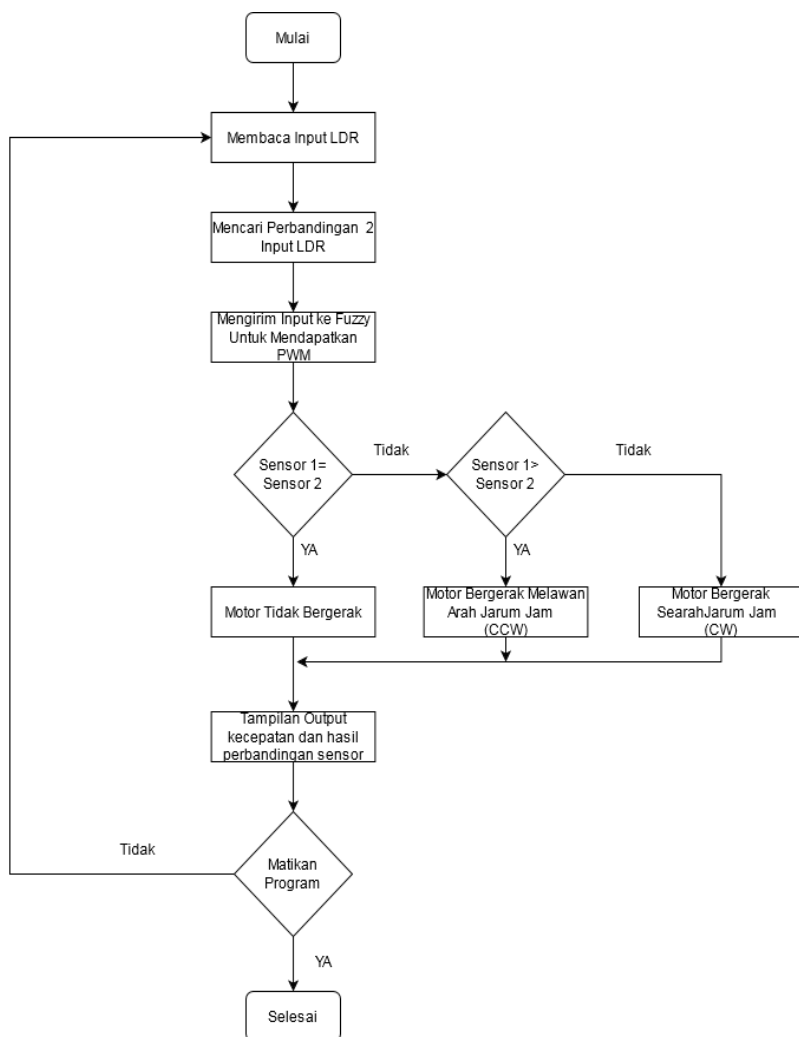
Masuk pada tahan perencanaan yaitu mencari solusi terhadap permasalahan yang ditimbulkan pada tahap pengidentifikasian masalah. Setelah itu pembuatann alat *solar tracker* dengan menggunkan komponen yang sudah ditentukan antara lain sensor LDR, setiap sensor diberi pembatas pipa untuk membantu penyinaran cahaya matahari secara langsung dan untuk mengurangi efek radiasi matahari yang dipantulkan tersebar. Sensor LDR X1 (sisi timur) dan X2 (sisi barat). Arduino merupakan *mikrokontroller* yang sempurna untuk perencanaan ini karena dapat bekerja efisiensi dalam jangka waktu yang cepat. Konsumsi daya rendah jumlah input/output dan sebagainya. Untuk sistem ini dua LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari. *Actuator Linear* digunakan untuk mengontrol arah dan posisi dari *solar tracker* sehingga dapat memutar panel surya.

3.4 Cara Kerja single axis solar tracker

Sistem *tracking* ini menggunakan beberapa komponen utama *mikrokontroller arduino nano*, dua sensor LDR, driver motor, *actuator linear* sensor arus dan sensor tegangan. *Metode Fuzzy* diterapkan dalam sistem melalui *arduino nano* tujuannya digunakannya metode *fuzzy* ini adalah untuk meminimalkan konsumsi daya dan memaksimalkan energi matahari. Arduino mengontrol keseluruhan kinerja sistem kemudian *fuzzy* memberikan kesimpulan atau keputusan utama mengenai posisi mana panel surya harus memutar arah rotasinya. Sensor LDR yang telah terpasang digunakan untuk mendeteksi perubahan arah matahari, dengan itu pelacakan cahaya matahari dapat dilakukan. *Output* sensor diteruskan ke *mikrokontroller arduino* yang selanjutnya digunakan *input fuzzy logic*. Kemudian *fuzzy* memberikan keputusan ke *driver motor* untuk memutar *actuator linear* ke arah timur-barat ke posisi panel surya agar tegak lurus dengan cahaya matahari sehingga intensitas cahaya matahari dapat dimaksimalkan kemudian hasil dari intensitas matahari yang diterima panel surya akan dibaca oleh sensor arus dan sensor tegangan dan akan ditampilkan diserial monitor arduino maupun di *GUI solar tracker*



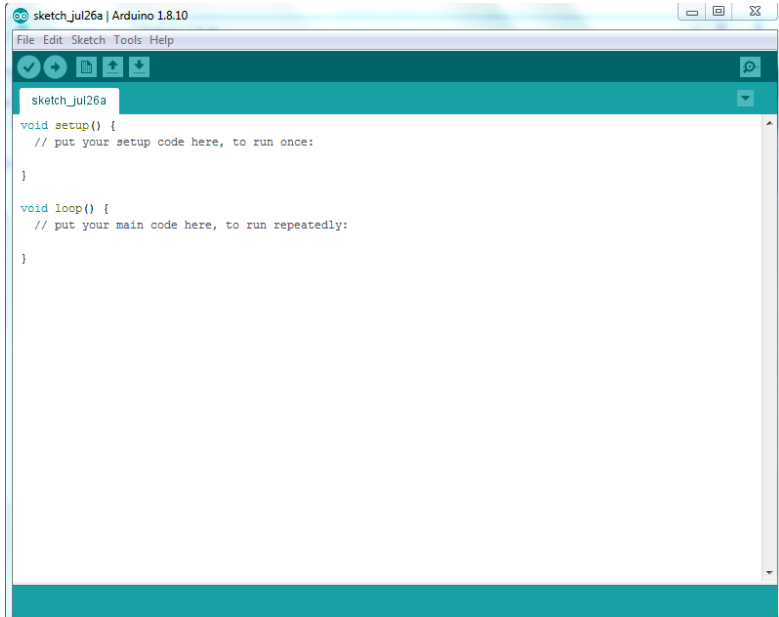
Gambar 3.2 Flowchart alur perencanaan dan pembuatan alat



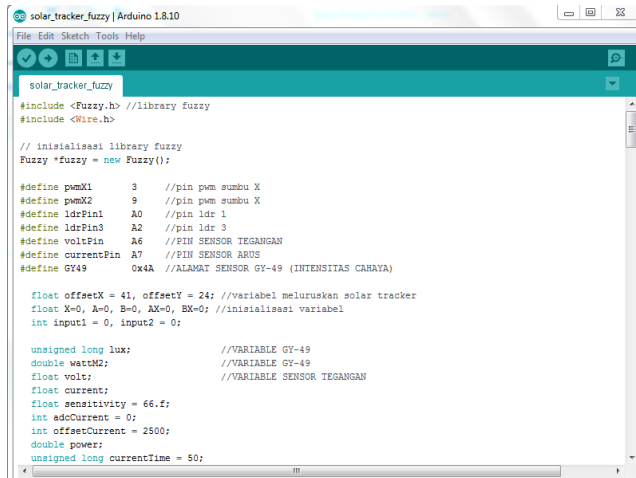
Gambar 3.3 Flowchart cara kerja rangkain

3.5 Pemrograman Arduino

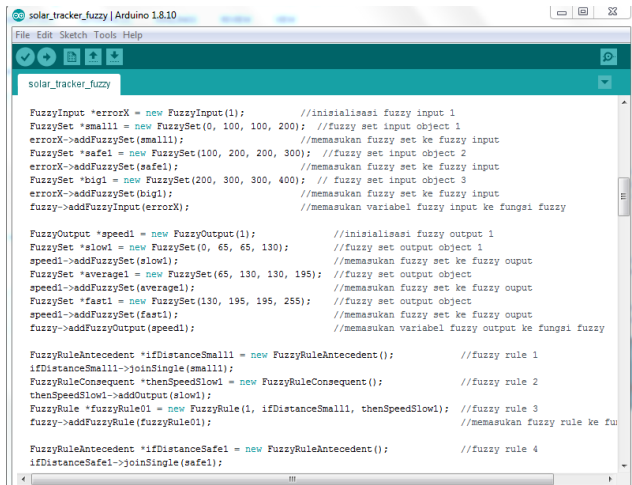
Fungsi dari Program disini antara lain yaitu, mengolah data yang diterima oleh sensor LDR dengan metode *Logika Fuzzy* yang selanjutnya akan memberikan output berupa lebar pulsa yang digunakan untuk menggerakkan *Actuator Linear*



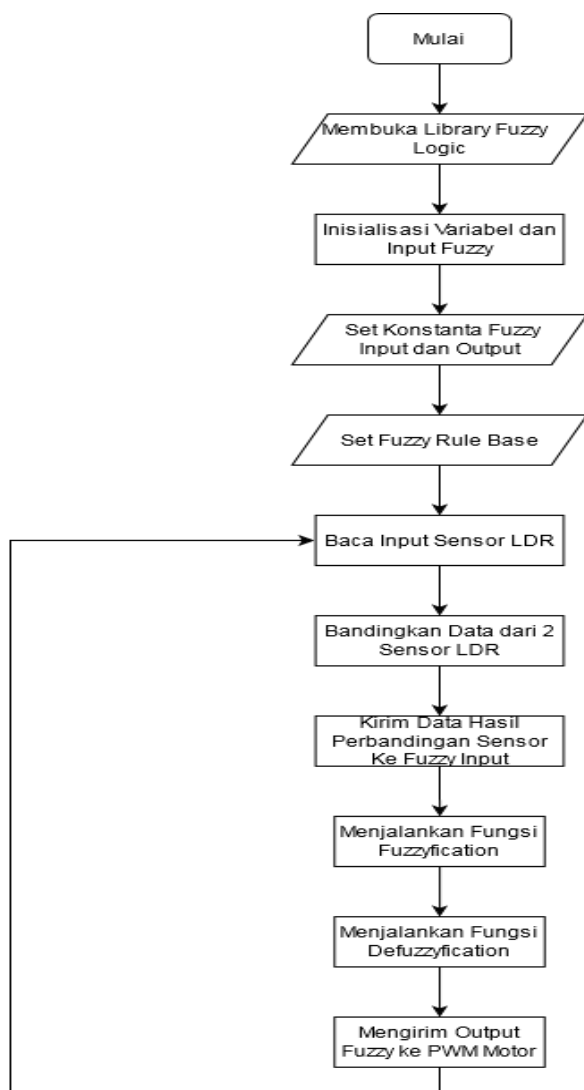
Gambar 3.4 Tampilan awal Program Arduino



Gambar 3.5 Bentuk Code Arduino



Gambar 3.6 Bentuk Code Fuzzy



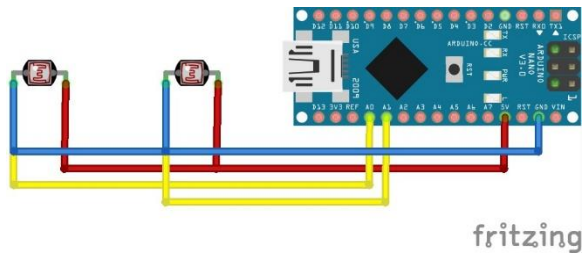
Gambar 3.7 Flowchart Program Fuzzy

3.6 Skema Rangkaian Alat

Pada pembahasan ini berisi tentang pemasangan pin tiap komponen dengan pin arduino yang telah terpasang satu sama lain. Berikut pemasangan pin komponen dengan pin arduino:

3.6.1 Rangkaian Sensor Cahaya LDR

Pada perancangan ini menggunakan dua buah sensor cahaya ldr dan dua buah resistor. Dimana sensor cahaya ini berfungsi untuk mendeteksi cahaya matahari.



Gambar 3.8 Rangkaian Sensor Cahaya LDR

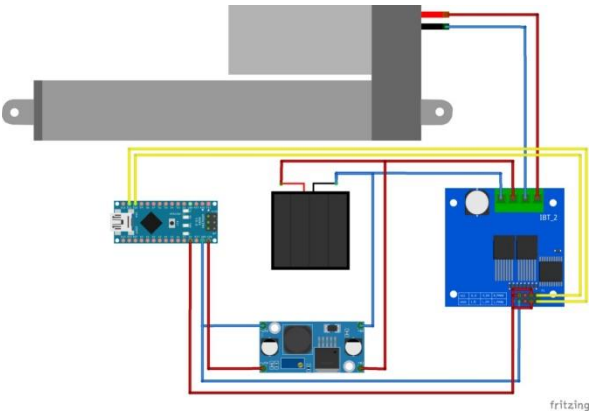
Sensor cahaya yang digunakan adalah sensor cahaya berjenis LDR (*Light Dependent Resistor*) yang memiliki dua buah kaki yang dimana salah satu kaki dihubungkan dengan pin 5V pada arduino. Kemudian kaki yang lainnya dihubungkan dengan pin Gnd dan pin analog input pada arduino.

Tabel 3.2 Konfigurasi Pin Sensor Cahaya LDR

LDR	Pin Arduino	Warna
1	5V	Merah
	Gnd	Biru
	A0	Kuning
2	5V	Merah
	Gnd	Biru
	A1	Kuning

3.6.2 Rangkaian Motor Aktuator Linear

Pada perancangan ini menggunakan sebuah motor aktuator linear dimana motor aktuator linear berfungsi untuk menggerakan panel surya menghadap ke matahari.



Gambar 3.9 Rangkaian Motor Aktuator Linear

Motor aktuator linear yang digunakan memiliki dua buah kabel yaitu kabel berwarna hitam (-), dan merah (+). Dimana kedua kabel tersebut yang berwarna hitam dan kabel yang berwarna merah dihubungkan dengan pin motor input (+) dan motor input (-) pada modul IBT_2. Kemudian pada pin motor power supply (-) dan pin motor power supply (+) pada modul IBT_2 dihubungkan ke output panel surya. Lalu sumber tegangan (+) dan (-) pada panel surya dihubungkan dengan pin In (+) dan In (-) pada DC-DC *step-down*, hasil keluaran pin Out (+) dan Out (-) DC-DC *step-down* dihubungkan dengan pin Vin dan Gnd pada arduino. Dan pada pin kontrol 5V, GND, R_EN (*Input Enable Forward Driver*), L_EN (*Input Enable Reverse Driver*), RPWM (*Input PWM Forward Level*), dan LPWM (*Input PWM Reverse Level*) dihubungkan dengan pin digital (10), pin digital (11), 5V dan GND pada arduino.

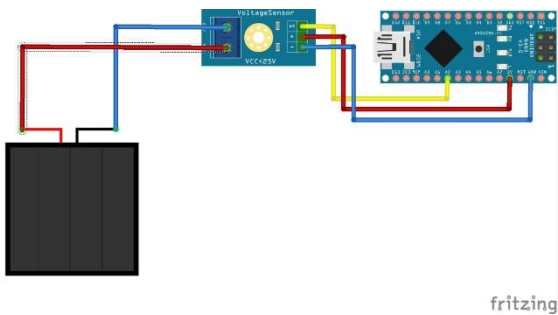
Tabel 3.3 Konfigurasi Pin Aktuator Linear

Modul IBT_2	Motor Aktuator Linear	Pin Arduino	DC-DC Step-Down	Panel Surya	Warna
Motor Input (+)	Vcc	-	-	-	Merah
Motor Input (-)	Gnd	-	-	-	Biru
Motor Power Supply (+)	-	-	In (+)	Vcc	Merah
Motor Power Supply (-)	-	-	In (-)	Gnd	Biru
5V	-	5V	-	-	Merah
Gnd	-	Gnd	-	-	Biru
R_EN	-	5V	-	-	Merah

L_EN	-	5V	-	-	Merah
RPWM	-	Digital (10)	-	-	Kuning
LPWM	-	Digital (11)	-	-	Kuning
-	-	Vin	Out (+)	-	Merah
-	-	Gnd	Out (-)	-	Biru

3.6.3 Rangkaian Sensor Tegangan DC

Pada perancangan ini menggunakan sebuah sensor tegangan dimana sensor tegangan berfungsi untuk membaca tegangan yang dikeluarkan panel surya kemudian akan ditampilkan pada serial monitor arduino.



Gambar 3.10 Rangkaian Sensor Tegangan DC

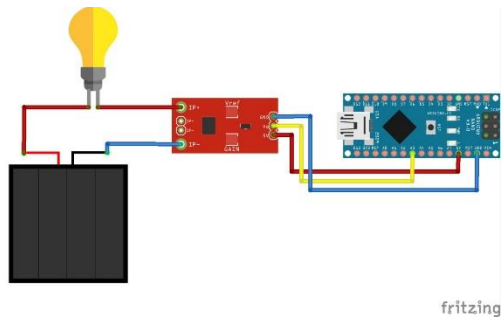
Sensor tegangan DC yang digunakan memiliki pin VCC dan GND dihubungkan dengan VCC dan GND pada panel surya. Kemudian pin kontrol sensor tegangan DC (S), (+), dan (-) dihubungkan dengan pin analog input (A2), 5V, dan GND pada arduino.

Tabel 3.4 Konfigurasi Pin Sensor Tegangan DC

Sensor Tegangan	Pin Arduino	Panel Surya	Warna
Pin (+)	5V	-	Merah
Pin (-)	Gnd	-	Biru
Pin Data (S)	A2	-	Kuning
Vcc	-	Vcc	Merah
Gnd	-	Gnd	Biru

3.6.4 Rangkaian Sensor Arus

Pada perancangan ini menggunakan sebuah sensor arus ACS712 dimana sensor arus ini berfungsi untuk membaca arus yang mengalir dari panel surya menuju ke beban. Kemudian nilai tersebut akan ditampilkan pada serial monitor arduino.

**Gambar 3.11** Rangkaian Sensor Arus

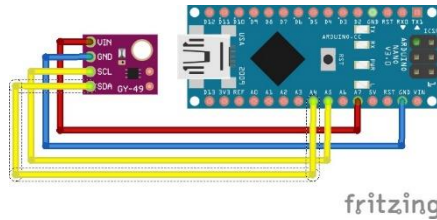
Sensor arus yang digunakan memiliki pin IP (+) dan IP (-) dihubungkan dengan beban dan GND pada panel surya. Kemudian pin GND, VO, dan 5V sensor arus dihubungkan dengan pin GND, analog input A3, dan 5V pada arduino.

Tabel 3.5 Konfigurasi Pin Sensor Arus

Sensor Arus	Pin Arduino	Panel Surya	Beban	Warna
IP (+)	-	-	Pin (-)	Merah
IP (-)	-	Gnd	-	Biru
Gnd	Gnd	-	-	Biru
Vo	A3	-	-	Kuning
5V	5V	-	-	Merah

3.6.5 Rangkaian Sensor Cahaya GY 49

Pada perancangan ini menggunakan sebuah sensor cahaya GY49 dimana sensor cahaya ini berfungsi sebagai alat pendeteksi besaran nilai cahaya yang ditangkap dalam satuan lux. Kemudian nilai tersebut akan dibaca oleh arduino UNO dan ditampilkan dalam serial monitor.



Gambar 3.12 Rangkaian Sensor Cahaya GY 49

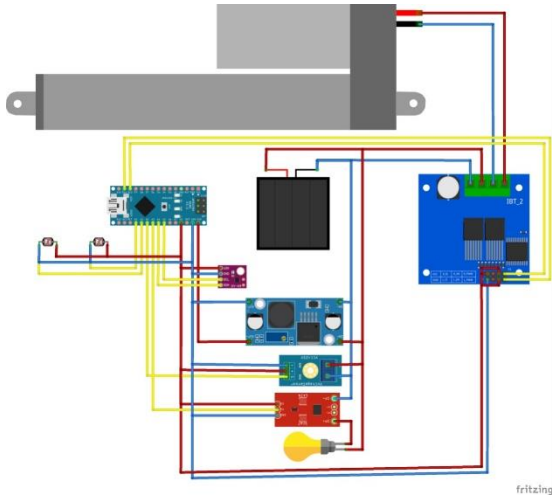
Sensor cahaya GY 49 yang digunakan memiliki pin SDA (Serial Data) dan SCL (Serial Clock) dihubungkan pada pin analog input A4 dan A5 pada arduino, sedangkan pin VIN dan GND dihubungkan dengan pin VIN dan GND pada arduino.

Tabel 3.6 Konfigurasi Pin Sensor Cahaya GY 49

Sensor Cahaya GY 49	Pin Arduino	Warna
Vin	Vin	Merah
Gnd	Gnd	Biru
SDA	A4	Hijau
SCL	A5	Kuning

3.6.6 Rangkaian Alat Keseluruhan

Setiap rangkaian alat yang telah dijelaskan sebelumnya, rangkaian-rangkaian tersebut akan digabungkan menjadi satu rangkaian secara utuh. Berikut adalah gambar dari rangkaian secara keseluruhan:



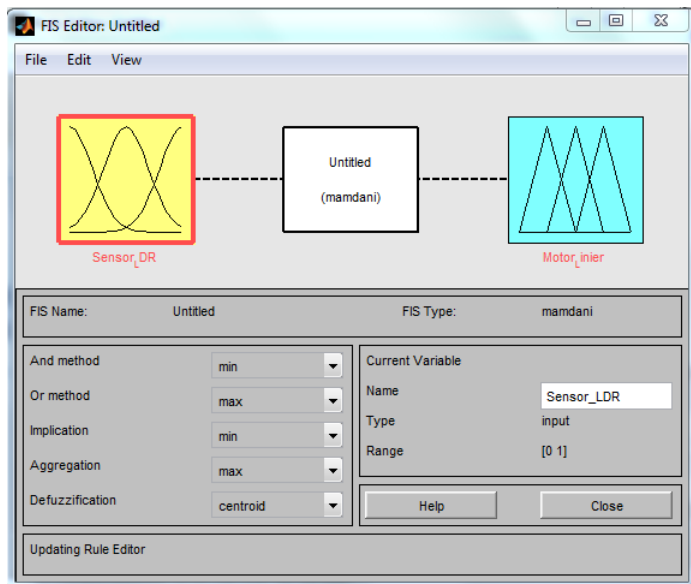
Gambar 3.13 Rangkaian Alat Keseluruhan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Prosedur Pengujian

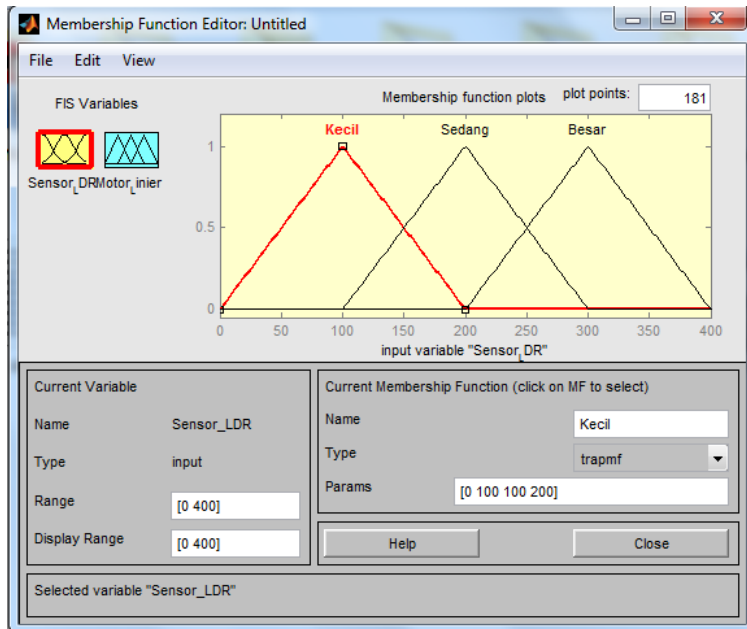
Pengujian alat yang dilakukan terdiri dari implementasi secara rinci sesuai dengan rancangan yang telah dibuat dan Bahasa program yang di gunakan metode Fuzzy inference system (FIS) adalah metode yang terdapat dalam logika fuzzy yang berguna untuk membangun sistem untuk mengetahui apakah program yang telah dibuat berjalan sesuai yang telah dirancang oleh peneliti dan kumpulan hardware yang sudah dirangkai sedemikian rupa untuk *monitoring solar tracker*. Yang dimana inputnya yaitu sensor cahaya LDR (*Light Dependet Resistor*), sensor arus ACS712, dan sensor tegangan DC. Kemudian outputnya yaitu motor *actuator linear*, dan lampu DC yang digunakan sebagai beban.



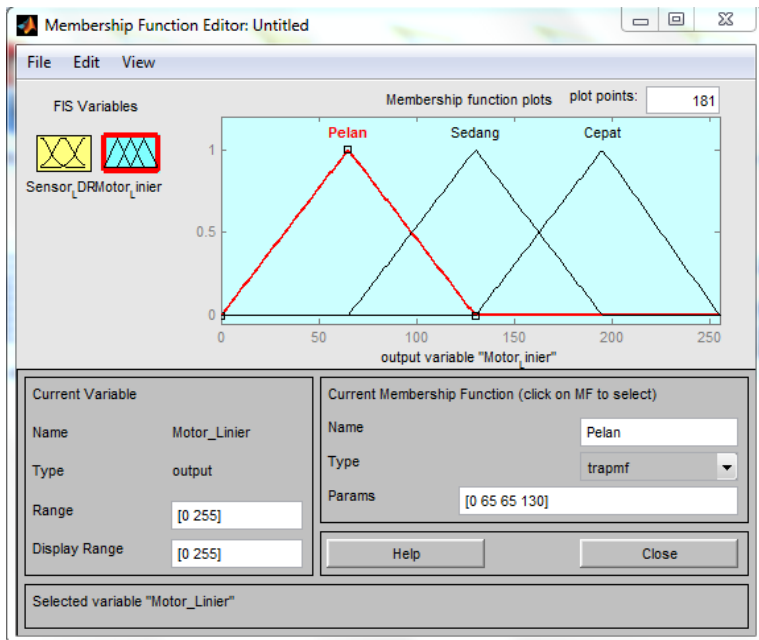
Gambar 4.1 Tampilan Awal menu FIS-Mamdani

4.2 Tampilan Fungsi keanggotaan Fuzzy

Tampilan awal fungsi keanggotaan *fuzzy* ini untuk merancang fungsi keanggotaan input dan output pada metode *fuzzy* sesuai dengan rancangan program yang telah dibuat. Dimana pengguna memasukkan data program untuk merancang fungsi keanggotaan yang diperlukan kemudian pilih fungsi keanggotaan yang akan digunakan yaitu segitiga atau trapesium. Disini peneliti menggunakan 1 inputan dan 1 outputan dimana terdiri dari 3 variable dan 4 set *input* dan *ouput fuzzy* fungsi keanggotaan yang digunakan adalah *trapesium*. Setelah itu menentukan titik dari fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Hasil dari rancangan fungsi keanggotaan yang akan digunakan akan tampil pada kotak gambar. Dari tampilan ini dapat menyimpan dan membuka hasil *desaign* fungsi keanggotaan yaitu tampilan fungsi keanggotaan *variable input* dan *output*



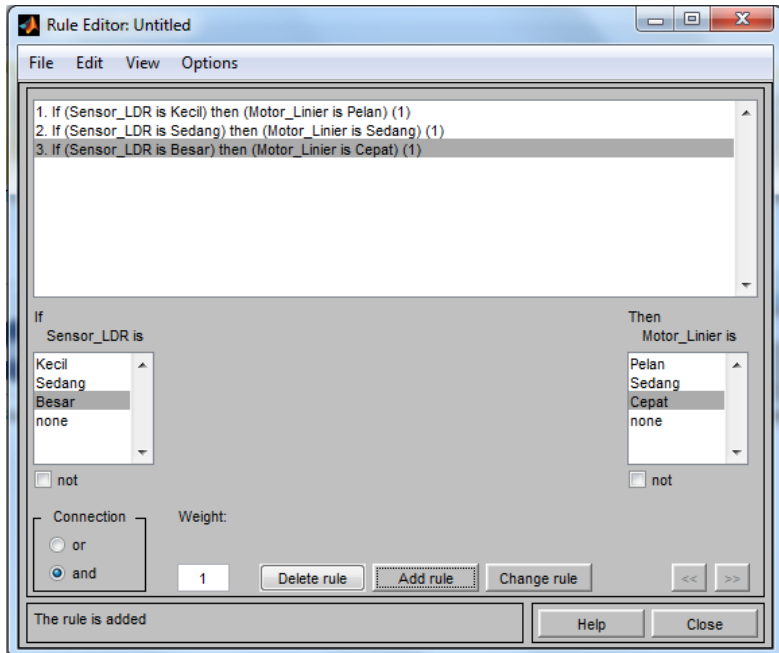
Gambar 4.2 Tampilan Fungsi Keanggotaan variable input Sensor LDR



Gambar 4.3 Tampilan Fungsi keanggotaan variable output Motor Linier

4.3 Tampilan Rule Fuzzy

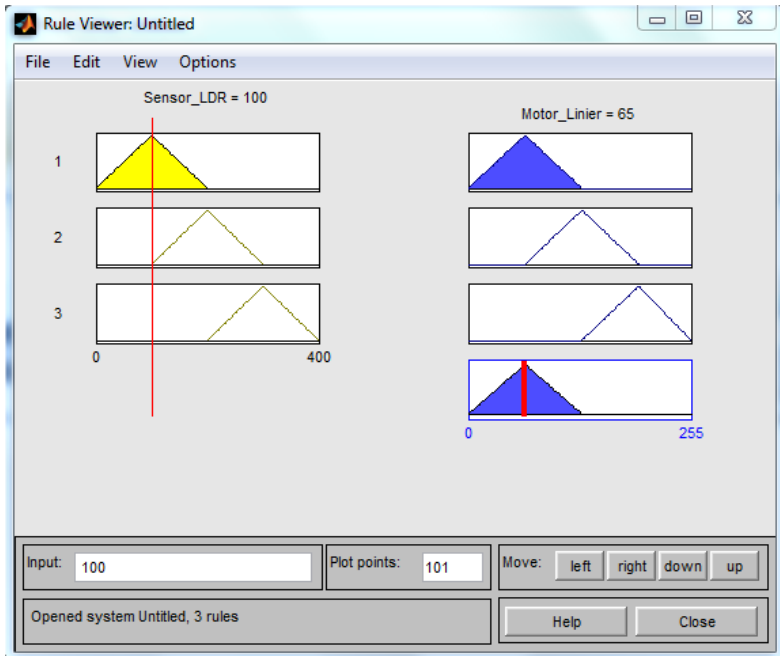
Tampilan *Rule fuzzy* adalah dimana membuat clas baru dari inputan dan outputan Aturan *Fuzzy* yang ada akan diinputkan pada *rule editor tols* matlab dimana terdapat 3 aturan karena peneliti hanya menggunakan 1 inputan dan 1 ouputan



Gambar 4.4 Tampilan Aturan Fuzzy Rule

4.4 Tampilan Metode *Defuzzifikasi*

Tampilan *Defuzzifikasi* dilakukan untuk melihat tampilan inputan dan outputan apakah program yang telah dibuat benar apa tidak, sesuai dengan program yang telah dibuat jika nilai inputan cahaya yang diterima 100 (kecil) maka nilai outputannya 65 (pelan) begitu juga seterusnya sesuai dengan nilai inputan dan outputan yang dimasukkan.



Gambar 4.5 Tampilan Defuzzifikasi

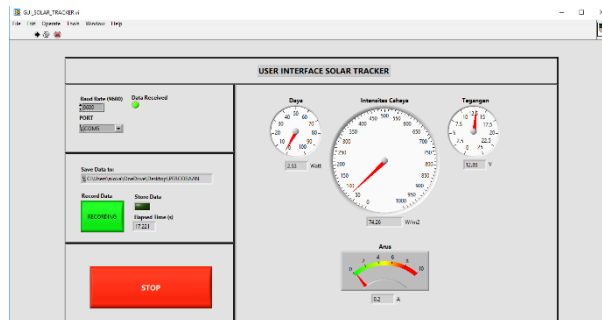
4.5 Alat Pendukung Pengujian Alat

Disini peneliti menggunakan laptop untuk mengupload program yang telah dibuat ke mikrokontroler Arduino nano yang telah terpasang pada *solar tracker*



Gambar 4.6 Proses Upload Program

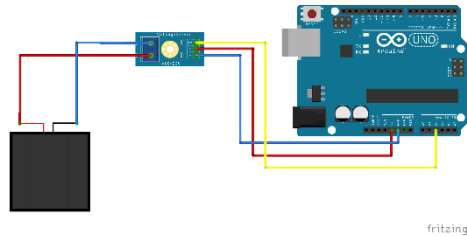
Selanjutnya ada software GUI Solar Tracker dimana software ini digunakan untuk pengambilan data pada solar tracker



Gambar 4.7 Software GUI Solar Tracker

4.6 Pengujian Sensor Tegangan DC

Dilakukan dengan cara memporgram untuk membaca nilai tegangan yang dihasilkan panel surya dan menampilkan pada serial monitor arduino. Berikut merupakan rangkaian dari sensor tegangan dc:



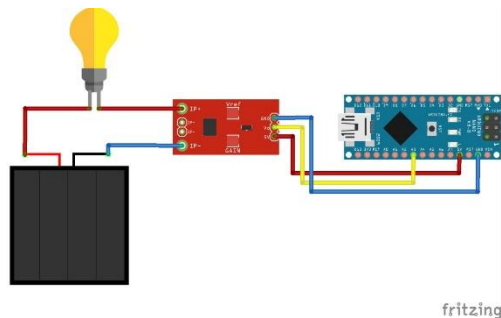
Gambar 4.8 Rangkaian Sensor Tegangan DC

Pada sensor tegangan dc ini, diperlukan adanya kalibrasi. Dimana proses pengkalibrasian sensor tegangan dc ini diprogram melalui arduino uno dengan cara:

$$\text{Volt} = \text{nilai adc} / 1023 * 5.22 * 5$$

4.7 Pengujian Sensor Arus

Dilakukan dengan cara memporgram untuk membaca nilai arus yang mengalir dan menampilkan pada serial monitor arduino. Berikut merupakan rangkaian dari sensor arus:



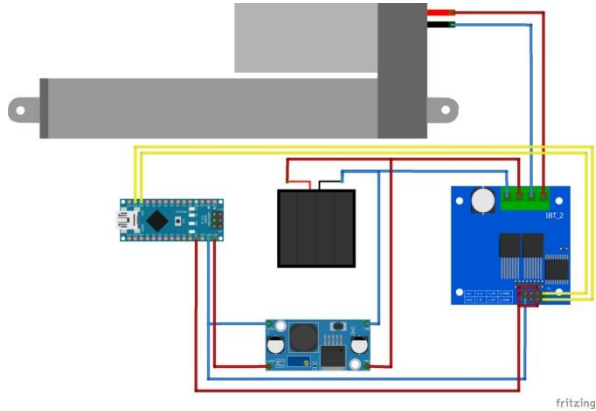
Gambar 4.9 Rangkaian Sensor Arus

Pada sensor arus ini, diperlukan adanya kalibrasi. Dimana proses pengkalibrasian sensor arus ini diprogram melalui arduino uno dengan cara:

$$\text{Arus} = (\text{nilai adc} / 1023 * 5000) - 2500 / 66$$

4.8 Pengujian Motor Aktuator Linear

Dilakukan dengan cara memporgram berdasarkan *if / else* nilai error untuk menggerakkan pwm motor *aktuator linear* dan menggerakkan panel surya ke arah matahari. Berikut merupakan rangkaian dari motor *aktuator linear* :



Gambar 4.10 Rangkaian Motor Aktuator Linear

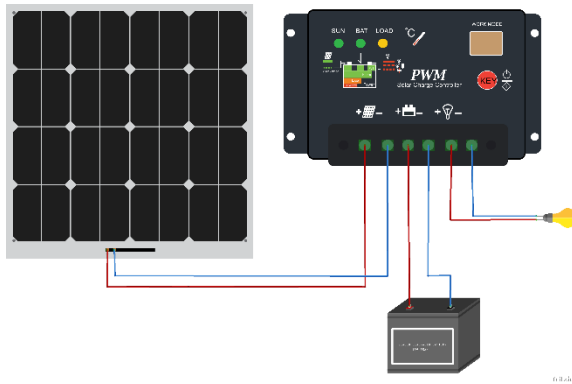
Pada rangkaian motor aktuator linear ini, hanya diperlukan program *if / else* untuk mendeklarasikan suatu kondisi nilai error apakah motor akan bergerak naik atau turun.



Gambar 4.11 Solar Tracker

4.9 Pengujian Solar Charger Controller

Dilakukan dengan cara menghubungkan panel surya dengan *solar charger controller* yang disambungkan dengan aki dan beban. Berikut merupakan rangkaiannya:



Gambar 4.12 Rangkaian Solar Charger Controller

Pada rangkaian *solar charger controller* ini, *solar charger controller* berfungsi untuk membatasi tegangan yang masuk pada aki dan beban sehingga tidak terjadi *overcharger*.

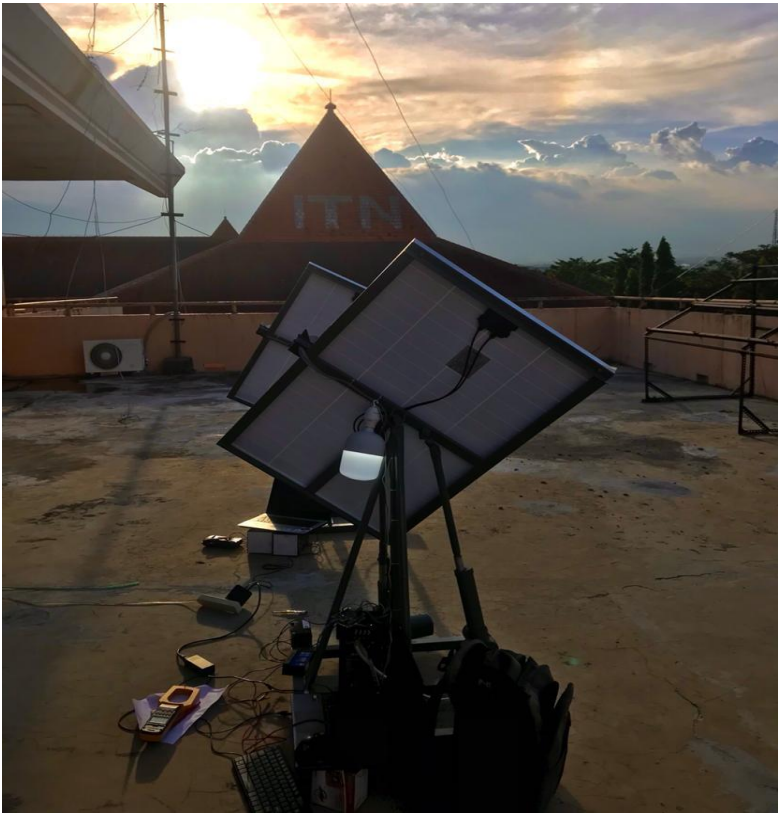


Gambar 4.13 Solar Charger Controller

4.10 Foto Uji Coba Solar Tracker



Gambar 4.14 Pengujian Solar Tracker



Gambar 4.15 Pengujian Solar Tracker

4.11 Hasil Pengujian Solar Tracker

Pengujian solar panel dilakukan untuk mengetahui besaran daya yang dihasilkan oleh panel surya, sedangkan untuk pengujian kontrol *Logika Fuzzy* dilakukan untuk mengetahui bekerja atau tidaknya sistem *tracker* menggunakan kontrol *Logika Fuzzy*. Pengujian ini juga bertujuan untuk membandingkan daya keluaran dari solar panel yang menggunakan *tracker single axis* metode *Logika Fuzzy* dengan metode *PID*. Setelah melewati kontrol *Logika Fuzzy*, pengujian ini juga bertujuan untuk mengamati apakah *solar tracker* berfungsi dengan baik yaitu dengan Bergeraknya panel surya ke arah datangnya sumber cahaya, sehingga daya keluaran yang dihasilkan akan lebih maksimal. Adapun pengujian ini dilakukan dengan melihat berdasarkan besarnya nilai tegangna dan arus dari solar panel diwaktu yang berbeda pengujian solar panel ini dimulai pukul 07.30 WIB sampai dengan 17.00 WIB dengan tujuan untuk mengetahui daya yang dihasilkan dari solar panel metode *tracker* yang menggunakan kontrol *Logika Fuzzy* dengan *PID*.

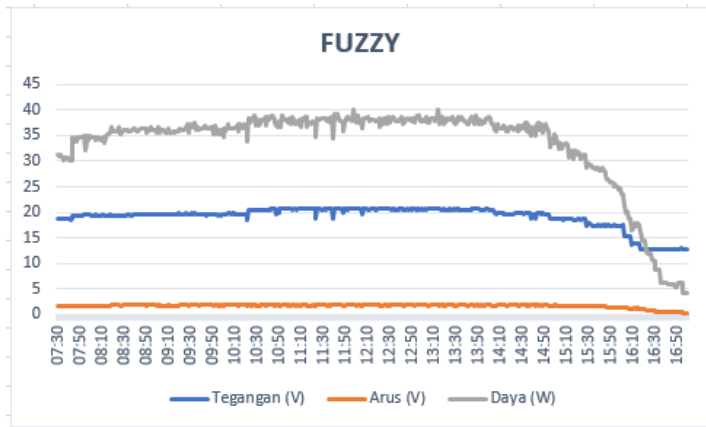
Untuk pengujian sistem kontrol *Logika Fuzzy*, perlu dilakukan kalibrasi untuk menentukan nilai error dari data perbandingan sensor LDR 1 dengan LDR 2. Kemudian dari hasil kalibrasi tersebut akan ditraining menggunakan software *Matlab Logika Fuzzy*. Data yang telah ditraining oleh software *Matlab* disebut nilai yang telah ditetapkan, kemudian nilai tersebut akan dimasukan ke dalam program arduino yang telah diberi library *Fuzzy*.

Untuk memperoleh data arus dan tegangan solar panel metode *tracker* yang menggunakan kontrol *Logika Fuzzy* dan *PID*, selanjutnya dapat diperoleh nilai daya teoritis dari solar panel tersebut yaitu dengan mengalikan nilai tegangan *Open Circuit (Voc)* dangan nilai arus *Short Circuit (Isc)* seperti pada persamaan 1 dibawah ini :

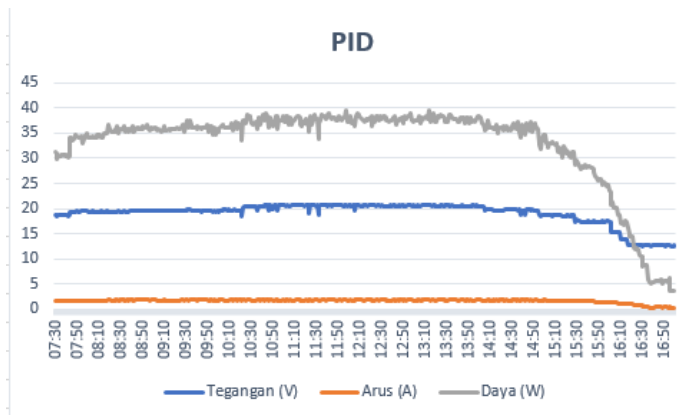
$$Voc \times Isc = Daya Output$$

Berikut ini adalah data hasil pengujian solar panel 100Wp dengan metode *tracker* yang menggunakan kontrol *Logika Fuzzy* dan *PID* sebagai berikut:

4.12 Grafik Hasil Pengujian Solar Tracker Logika Fuzzy dan PID

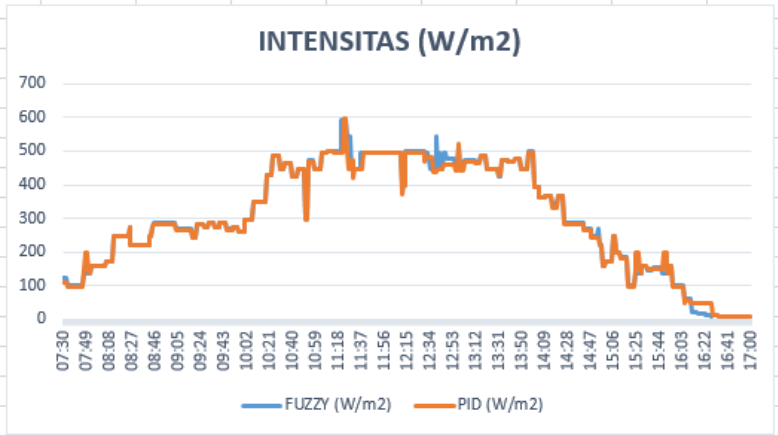


Gambar 4.16 Grafik Solar Tracker Fuzzy

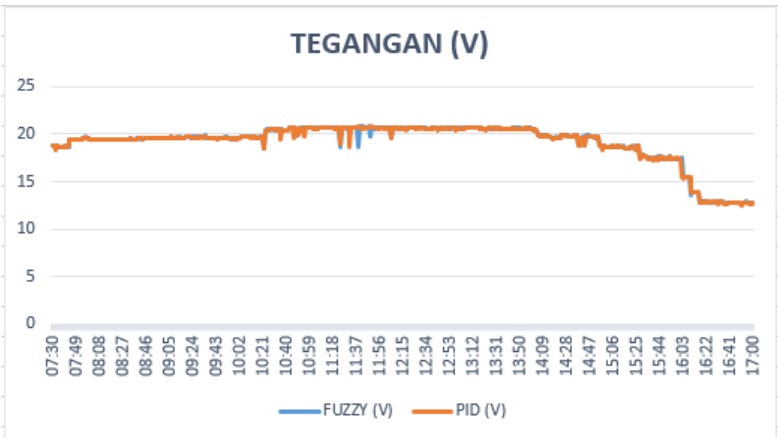


Gambar 4.17 Grafik Solar Tracker PID

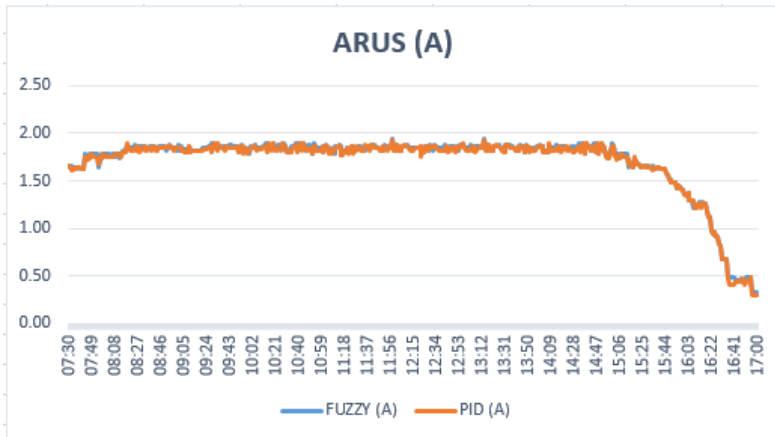
4.13 Grafik Hasil Perbandingan Logika Fuzzy dan PID



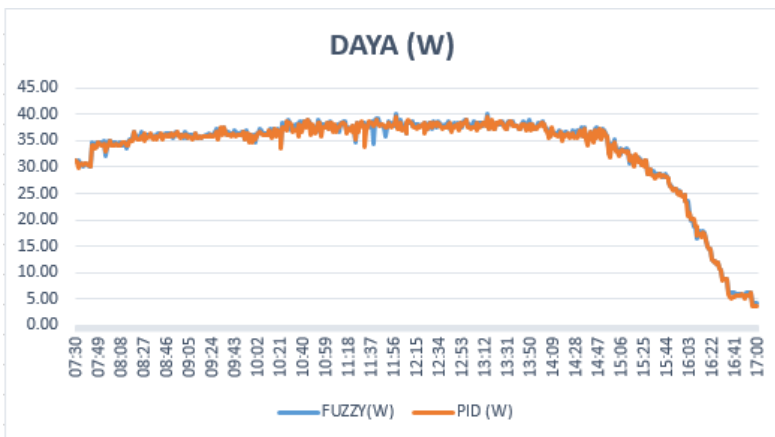
Gambar 4.18 Grafik Intensitas Cahaya Solar Tracker Fuzzy Dan PID



Gambar 4.19 Grafik Tegangan Solar Tracker Fuzzy Dan PID



Gambar 4.20 Grafik Arus Solar Tracker Fuzzy Dan PID



Gambar 4.21 Grafik Daya Solar Tracker Fuzzy Dan PID

Dari data di atas dapat dihitung daya rata-rata dari pengujian dimulai dari 07.30 WIB sampai dengan 17.00 WIB dengan menggunakan *solar tracker* 100 watt dengan metode *Fuzzy Logic* tegangan dan arus yang didapat sebesar 19.12 Volt dan 1.71 Ampere. Sedangkan pada *solar*

tracker 100 watt dengan metode *PID* tegangan dan arus yang didapat sebesar 19.10 Volt dan 1.69 Ampere. Dapat disimpulkan bahwa *solar tracker* dengan metode *Fuzzy Logic* dan *PID* memiliki nilai tegangan yang hampir sama, hal ini dikarenakan *solar tracker* dengan metode *Fuzzy Logic* dan *PID* sama-sama mengikuti arah pergerakan matahari sehingga dapat menyerap energi matahari secara maksimal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengamatan dan pengujian alat, adapun kesimpulan yang diperoleh ialah:

1. Pengujian *solar tracker* dengan metode Logika Fuzzy pada jam 07.30 sampai 17.00 menghasilkan rata-rata nilai tegangan 19.12 V dan daya 33.30 W.
2. Pengujian *solar tracker* dengan metode *PID* pada jam 07.30 sampai 17.00 menghasilkan rata-rata nilai tegangan 19.10 V dan daya 33.05 W.
3. Pengujian *solar tracker* dengan metode *fuzzy logic* pada jam 07.30 sampai 17.00 menghasilkan rata-rata nilai Arus 1.71 A dan metode *PID* menghasilkan rata-rata nilai Arus 1.69 A
4. *Solar tracker* dengan metode *Logika Fuzzy* dan *PID* memiliki nilai tegangan dan arus yang hampir sama, hal ini dikarenakan *solar tracker* dengan metode Logika Fuzzy dan *PID* sama-sama mengikuti arah pergerakan matahari sehingga dapat menyerap energi matahari secara maksimal.

5.2 Saran

Berdasarkan dengan hasil pengujian *solar tracker single axis* dengan metode *Logika Fuzzy* didapatkan beberapa saran untuk pengembangan di masa mendatang, yaitu sebagai berikut :

1. Karena kapasitas panel surya yang digunakan hanya 100Wp, maka jika diaplikasikan untuk kebutuhan lingkungan atau masyarakat kurang maksimal karena kapasitas panel surya terlalu kecil. Oleh karena itu penulis menyarankan kedepannya menambah jumlah panel surya tetapi tetap dalam satu control yang sama agar dapat berguna untuk lingkungan sekitar.
2. Untuk *solar charger controller* bisa di *upgrade* lagi dengan *solar charger controller* yang lebih baik, seperti jenis MPPT.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Sumathi, R. Jayapragash, A. Bakshi, and P. Kumar Akella, "Solar tracking methods to maximize PV system output – A review of the methods adopted in recent decade", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 74, no. July, pp. 130–138, 2017.
- [2] C. J. Yang, "Reconsidering solar grid parity," *Energy Policy*, vol. 38, no. 7, pp. 3270–3273, 2010.
- [3] V. Poulek and M. Libra, "New solar tracker," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 51, no. 2, pp. 113–120, 1998.
- [4] K. K. Tse, M. T. Ho, H. S. H. Chung, and S. Y. R. Hui, "A novel maximum power point tracker for PV panels using switching frequency modulation," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 17, no. 6, pp. 980–989, 2002.
- [5] H. S. H. Chung, K. K. Tse, S. Y. Ron Hui, C. M. Mok, and M. T. Ho, "A novel maximum power point tracking technique for solar panels using a SEPIC or Cuk converter," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 18, no. 3, pp. 717–724, 2003.
- [6] A. Pandey, N. Dasgupta, and A. K. Mukerjee, "High-performance algorithms for drift avoidance and fast tracking in solar MPPT system," *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 23, no. 2, pp. 681–689, 2008.
- [7] M. Helmi, D. (2019). OPTIMASI RADIASI SINAR MATAHARI TERHADAP SOLAR CELL. *Volume 7, Nomor 2 juli 2019*, 86.
- [8] Suwarti, W. B. (2018). ANALISA PENGARUH INTENSITAS MATAHARI, SUHU PERMUKAAN & SUDUT PENGARAH TERHADAP KINERJA PANEL SURYA. *Vol 14, No. 3 september 2018*; 78-85, 78.
- [9] S. Ray and A. K. Tripathi, "Design and development of Tilted Single Axis and Azimuth-Altitude Dual Axis Solar Tracking systems," in 1st IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems, ICPEICES 2016, 2017.
- [10] ETAP. (2016). Retrieved from <http://etap.com/renewableenergy/photovoltaic-101.htm>
- [11] Azwaan Zakariah, Mahdi Faramarzi, Jasrul Jamani Jamiah, Mohd Amri Md Yunus, "MEDIUM SIZE DUAL-AXIS SOLAR

TRACKING SYSTEM WITH SUNLIGHT INTENSITY COMPARISON METHOD AND FUZZY LOGIC IMPLEMENTATION," Sciences & Engineering, pp. 148-149, 2015.

[12] Dunlop, JamesP. "Battery and Charge Control in Stand-Alone Photovoltaic System". Florida Solar Energy Center, USA, 1997.

[13] Fadhil Firdaus, Muhammad. 2017. "Kajian Potensi Energi Surya di Indonesia". <https://icare-indonesia.org/kajian-potensi-energi-surya-di-indonesia-2/>. (Diakses pada 24 September 2020).

[14] Mubarak, Syahrin; Impron; June, Tania. 2018. "Efisiensi Penggunaan Radiasi Matahari dan Respon Tanaman Kedelai terhadap Penggunaan Mulsa Reflektif".

[15] Panjaitan, A. L. 2011, "Estimasi Energi Radiasi Matahari Bulanan dan Tahunan dengan Model Solar Energy-Air Temperature".

[16] Jamian, J. J; Amri Md Yunus, Mohd. 2015. "Dual-Axis Solar Tracking System Based On Fuzzy Logic Control And Light Dependent Resistors As Feedback Path Elements".

[17] Mardjun, Izran. 2018. "Rancang Bangun Solar Tracking Berbasis Arduino Uno".

[18] Enggar Alfianto, K Damianus Kowa. 2016. "Rancang Bangun Rumah Budidaya Burung Walet Dengan Sistem Pengendalian Suhu Otomatis Sederhana Menggunakan Arduino UNO".

[19] Kumar, N. Sathish; Vijayalakshmi, B; Prarthana, R. Jenifer; Shankar, A. 2016. "IOT Based Smart Garbage alert System using arduino UNO".

[20] Ginting, Filemon. J; Allo, Elia. K; Mamahit, Dringhuzen. J; Tulung, Novi. M. 2013. "Perancangan Alat Ukur Kekurangan Air Menggunakan Light Dependent Resistor Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535".

[21] Nasution, Darmeli; Harumy, T. Henny F.; Haryanto, Eko; Fachrizal, Ferry; Julham; Turnip, Arjon (2015). "A classification method for prediction of qualitative properties of multivariate EEG-P300 signals".

[22] Amato, Filippo; Lopez, Alberto; Pena-menez, Eladia Maria; Vanhara, Petr; Hampl, Ales. 2013. "Artificial Neural Networks In Medical Diagnosis".

[23] Octavia, Yuan; Afandi, A. N; Putranto, Hari. 2018. "Studi Perkiraan beban Listrik Menggunakan metode Artificial Neural

LAMPIRAN

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Musta'al Rahmatullah
Nim : 1712014
Jurusan/Kosentrasi : Teknik Energi Listrik S-1
ID KTP/Paspor : 5271010606990002
Alamat : JL. KH Mansyur GG. VI/I Dasan Sari
Kel.Kebunsari, Kec.Ampenan kota Mataram

Judul Skripsi : Rancang Bangun dan Analisa Unjuk Kerja
Single Axis Solar Tracker Berbasis Logika
Fuzzy

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain.

Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali dicantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 07 Agustus 2020

abuat pernyataan



Musta'al Rahmatullah

1712014



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Musta'al Rahmatullah
NIM : 1712014
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2020/2021

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN DAN ANALISA
UNJUK KERJA SINGLE AXIS SOLAR
TRACKER BERBASIS LOGIKA FUZZY**

Diperlihatkan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Sastra Satu (S-1)
pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 27 Juli 2021
Nilai : 82 (A) *f*

Panitia Ujian Skripsi

Majelis Ketua Penguji

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.
NIP. P. 1030100361

Sekretaris Majelis Penguji

Sotyohadi, ST., MT
NIP. Y. 1039700309

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
NIP. Y.1018500108

Dosen Penguji II

Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT.
NIP. 197706152005012002



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

PTT (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : MUSTA'AL RAHMATULLAH
NIM : 1712014
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2020-2021

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN DAN ANALISA
UNJUK KERJA SINGLE AXIS SOLAR
TRACKER BERBASIS LOGIKA FUZZY**

Tanggal	Uraian	Paraf
Penguji I (7-8-2021)	1. Inputan keluaran dari setiap terminal dari solar panel mengukur outputan dari setiap komponen	

Disetujui
Dosen Penguji I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE

NIP. Y.1018500108

Mengetahui

Dosen Pembimbing I

Awan Uji Krisnanto, ST, MT, Ph.D

NIP. 19800301 200501 1 002

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Widodo Pudji Mujiyanto, MT.

NIP. Y. 1028700171



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

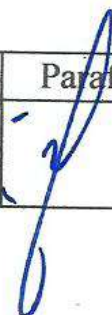
PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : MUSTA'AL RAHMATULLAH
NIM : 1712014
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2020-2021

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN DAN ANALISA
UNJUK KERJA SINGLE AXIS SOLAR
TRACKER BERBASIS LOGIKA FUZZY**

Tanggal	Uraian	Paraf
Penguji II (4-8-2021)	1. Menambah serial monitor sensor LDR dan Motor Linear aktuator	

Disetujui
Dosen Penguji II

Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT.
NIP. 197706152005012002

Mengetahui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Awan Uji Krismanto, ST, MT, Ph.D
NIP. 19800301 200501 1 002

Dr. Ir. Widodo Pudji Mujiyanto, MT.
NIP. Y. 1028700171





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553016 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417836 Fax. (0341) 417634 Malang

**LEMBAR MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2020/2021**

Nama : Musta'al Rahmatullah
NIM : 1712014
Dosen Pembimbing I : Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D.
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2020-2021
Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN DAN
ANALISA UNJUK KERJA SINGLE
AXIS SOLAR TRACKER
BERBASIS LOGIKA FUZZY**

No	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Kamis, 4 Februari 2021	09.10	Konsultasi cara kerja solar tracker	
2	Jum'at, 12 Maret 2021	14.30	Konsultasi persiapan seminar progres	
3	Kamis, 25 Maret 2021	19.30	Revisi flowchart cara kerja alat	
4	Kamis, 8 April 2021	08.30	Konsultasi hasil pengujian solar tracker	
5	Selasa, 20 April 2021	10.15	Konsultasi hasil data yang telah dilakukan pengujian	
6	Rabu, 26 Mei 2021	09.45	Persiapan sebelum Semhas	

Malang, 13 September 2021
Dosen Pembimbing I

Awan Uji Krismanto, ST, MT, Ph.D
NIP. 19800301 200501 1 002



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**LEMBAR MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2020/2021**

Nama : Musta'al Rahmatullah
NIM : 1712014
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Widodo Pudji Mujiyanto, MT.
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2020-2021
Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN DAN
ANALISA UNJUK KERJA SINGLE
AXIS SOLAR TRACKER
BERBBASIS LOGIKA FUZZY**

No	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Senin 15 Maret 2021	10.30	Penyampaian Progres dan revisi flowchart serta penambahan Diagram alir program	
2	Sabtu, 17 April 2021	09.10	Konsultasi persiapan Seminar Progres	
3	Senin, 25 April 2021	08.30	Pengujian solar tracker	
4	Rabu, 26 Mei 2021	12.15	Persiapan Sebelum Semhas	

Malang, 13 September 2021
Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Widodo Pudji Mujiyanto, MT.
NIP. Y. 1028700171



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Keranglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-075/EL-FTI/2021

30 Maret 2020

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

Dosen Teknik Elektro S-1

ITN MALANG

Dengan Hormat,

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : MUSTA AL RAHMATULLAH

NIM : 1712014

Fakultas : **Teknologi Industri**

Program Studi : **Teknik Elektro S-1**

Peminatan : T. Energi Listrik S1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/I selama masa waktu :

"Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021"

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih



Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT.
NIP. P. 1030100361





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417638 Fax (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-075/EL-FTI/2021

30 Maret 2020

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D.

Dosen Teknik Elektro S-1

ITN MALANG

Dengan Hormat,

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : MUSTA' AL RAHMATULLAH

NIM : 1712014

Fakultas : **Teknologi Industri**

Program Studi : **Teknik Elektro S-1**

Peminatan : T. Energi Listrik S1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/I selama masa waktu :

"Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021"

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih



Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT,
NIP. P. 1030100361

RANCANG BANGUN DAN ANALISA UNJUK KERJA SINGLE AXIS SOLAR TRACKER BERBASIS LOGIKA FUZZY

ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.scribd.com Internet Source	4%
2	jom.unpak.ac.id Internet Source	3%
3	repository.umsu.ac.id Internet Source	3%
4	Submitted to Academic Library Consortium Student Paper	2%

Exclude quotes ☐

Exclude bibliography ☐

Exclude matches ☐ < 2%

```

#include <Fuzzy.h> //library fuzzy
#include <Wire.h> //library sensor

// inialisasi library fuzzy
Fuzzy *fuzzy = new Fuzzy();

#define pwmX1    3    //pin pwm sumbu X
#define pwmX2    9    //pin pwm sumbu X
#define ldrPin1   A0   //pin ldr 1
#define ldrPin3   A2   //pin ldr 3
#define voltPin   A6   //PIN SENSOR TEGANGAN
#define currentPin A7  //PIN SENSOR ARUS
#define GY49      0x4A //ALAMAT SENSOR GY-49 (INTENSITAS
CAHAYA)

float offsetX = -5; //variabel meluruskan solar tracker
float X=0, A=0, B=0, AX=0, BX=0; //inisialisasi variabel menyimpan
data
int input1 = 0, input2 = 0; //variabel menyimpan data input fuzzy

unsigned long lux;           //VARIABLE GY-49
double wattM2;              //VARIABLE GY-49
float volt;                  //VARIABLE SENSOR TEGANGAN
float current;
float sensitivity = 66.f;
int adcCurrent = 0;
int offsetCurrent = 2500;
double power;
unsigned long currentTime = 50;
unsigned long otherTime = 50;
unsigned long kirimSerialTime = 200;

void setup()
{
    // Set the Serial output
    Wire.begin();           // INISIALISASI I2C
    Serial.begin(9600);
    Wire.beginTransmission(GY49); //INISIALISASI GY-49
    Wire.write(0x02);

```

```
Wire.write(0x00);
Wire.endTransmission();
delay(300);

pinMode(ldrPin1, INPUT);    //inisialisasi pin input ldr 1
pinMode(ldrPin3, INPUT);    //inisialisasi pin input ldr 3

pinMode(pwmX1, OUTPUT);     //inisialisasi pin output pwm 1
pinMode(pwmX2, OUTPUT);     //inisialisasi pin output pwm 1

//fungsi keanggotaan input fuzzy
FuzzyInput *errorX = new FuzzyInput(1);    //inisialisasi fuzzy
input 1
FuzzySet *kecil = new FuzzySet(0, 100, 100, 200); //fuzzy set input
object 1
errorX->addFuzzySet(kecil);    //memasukan fuzzy set ke
fuzzy input
FuzzySet *sedang = new FuzzySet(100, 200, 200, 300); //fuzzy set
input object 2
errorX->addFuzzySet(sedang);    //memasukan fuzzy set ke
fuzzy input
FuzzySet *besar = new FuzzySet(200, 300, 300, 400); // fuzzy set
input object 3
errorX->addFuzzySet(besar);    //memasukan fuzzy set ke
fuzzy input
fuzzy->addFuzzyInput(errorX);    //memasukan variabel
fuzzy input ke fungsi fuzzy

//fungsi keanggotaan output
FuzzyOutput *speed = new FuzzyOutput(1);    //inisialisasi fuzzy
output 1
FuzzySet *pelan = new FuzzySet(0, 65, 65, 130);    //fuzzy set
output object 1
speed->addFuzzySet(pelan);    //memasukan fuzzy set
ke fuzzy ouput
FuzzySet *sedang1 = new FuzzySet(65, 130, 130, 195); //fuzzy set
output object
speed->addFuzzySet(sedang1);    //memasukan fuzzy set
ke fuzzy ouput
```

```
FuzzySet *cepat = new FuzzySet(130, 195, 195, 255); //fuzzy set
output object
speed->addFuzzySet(cepat); //memasukan fuzzy set
ke fuzzy ouput
fuzzy->addFuzzyOutput(speed); //memasukan variabel
fuzzy output ke fungsi fuzzy
```

```
//fuzzy rule 1
FuzzyRuleAntecedent *ifDistancekecil = new FuzzyRuleAntecedent();
//fuzzy rule 1
ifDistancekecil->joinSingle(kecil);
FuzzyRuleConsequent *thenSpeedpelan = new
FuzzyRuleConsequent();
thenSpeedpelan->addOutput(pelan);
FuzzyRule *fuzzyRule01 = new FuzzyRule(1, ifDistancekecil,
thenSpeedpelan);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule01);
```

```
//fuzzy rule 2
FuzzyRuleAntecedent *ifDistancesedang = new
FuzzyRuleAntecedent(); //fuzzy rule 2
ifDistancesedang->joinSingle(sedang);
FuzzyRuleConsequent *thenSpeedsedang1 = new
FuzzyRuleConsequent();
thenSpeedsedang1->addOutput(sedang1);
FuzzyRule *fuzzyRule02 = new FuzzyRule(2, ifDistancesedang,
thenSpeedsedang1);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule02);
```

```
//fuzzy rule 3
FuzzyRuleAntecedent *ifDistancebesar = new FuzzyRuleAntecedent();
//fuzzy rule 3
ifDistancebesar->joinSingle(besar);
FuzzyRuleConsequent *thenSpeedcepat = new
FuzzyRuleConsequent();
thenSpeedcepat->addOutput(cepat);
FuzzyRule *fuzzyRule03 = new FuzzyRule(3, ifDistancebesar,
thenSpeedcepat);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule03);
```

```
}
```

```
void loop(){
```

```
    if((millis()-otherTime)>=500)
```

```
    { SolarTrackerFuzzy();
```

```
      readGY49();
```

```
      readVolt();
```

```
      readCurrent();
```

```
      otherTime = millis();
```

```
    }
```

```
    else if((millis()-currentTime)>=500)
```

```
    {
```

```
      readCurrent();
```

```
      currentTime = millis();
```

```
    }
```

```
    else if((millis()- kirimSerialTime)>=200)
```

```
    {
```

```
      kirimSerial();
```

```
      kirimSerialTime = millis();
```

```
    }
```

```
}
```

```
void SolarTrackerFuzzy(){
```

```
    //membaca input ldr
```

```
    float readLdr1 = analogRead(ldrPin1); //membaca sensor ldr 1
```

```
    float readLdr3 = analogRead(ldrPin3); //membaca sensor ldr 3
```

```
    // print indikator tiap sensor ldr
```

```
    //Serial.print("ldr1 = ");
```

```
    //Serial.println(readLdr1);
```

```
    //Serial.print(", ldr3 = ");
```

```
    //Serial.println(readLdr3);
```

```
    //membaca input ldr dan mencari perbandingan antara 2 sensor untuk  
    input fuzzy
```

```
    input1 = ((readLdr3-readLdr1)+offsetX);
```

```
    //meng absolutkan nilai pembacaan sensor agar tidak muncul nilai (-)
```

```
    if (input1>=0) {A=1;} //jika input bilangan positif maka A sebagai
pengali positif
    else if (input1<=0) {A=-1;} //jika input bilangan negatif maka A
sebagai pengali negatif
    if (input1>=-3 && input1<=3) {input1=0;} //nilai sensor -3 sampai 3
menjadi titik 0 sensor
```

```
    //Print hasil perhitungan input sensor ldr
    // Serial.println("\n\n\nEntrance: ");
    // Serial.print("\t\t\tErrorX: ");
    // Serial.println(input1*A);
    //set input fuzzy
    fuzzy->setInput(1, input1*A);
    // menjalankan fungsi fuzzyfikasi
    fuzzy->fuzzify();
    // menjalankan fungsi defuzzyfikasi
    float outputX = fuzzy->defuzzify(1);
```

```
    //kontrol pwm dan fuzzy dengan perbandingan antara 2 sensor ldr
    X=((((readLdr3-readLdr1+offsetX)/10)*2)*outputX);
```

```
    if (X>=20 && X<=20){X=0.0;} //nilai pwm -20 sampai 20 dianggap
titik 0 pwm
```

```
    if (X>=200){X=200;} //nilai maksimal pwm 200
```

```
    if (X<=-200){X=-200;} //nilai minimal pwm -200
```

```
    // Printing indikator
    // Serial.println("Result: ");
    // Serial.print("\t\t\tSpeed1: ");
    // Serial.println(X);
```

```
    AX=X; //membaca pwm jika nilai positif
    BX=(X*-1); //membaca nilai pwm jika nilai negatif lalu dipositifkan
    if (AX <=1){AX=1;} //agar nilai pwm yang masuk ke motor/aktuator
tidak nilai negatif
    if (BX <=1){BX=1;} //agar nilai pwm yang masuk ke motor/aktuator
tidak nilai negatif
```

```
    //loop motor
```

```
    analogWrite(pwmX1, AX); //membaca pwm dari perhitungan lalu
    dikirim ke driver motor
    analogWrite(pwmX2, BX); //membaca pwm dari perhitungan lalu
    dikirim ke driver motor
```

```
    //wait 200 ms
    delay(200);
}
```

```
void readGY49()
{
    unsigned int bufGY49[2];
    Wire.beginTransmission(GY49);
    Wire.write(0x03);
    Wire.endTransmission();

    // Request 2 bytes of data
    Wire.requestFrom(GY49, 2);

    // Read 2 bytes of data luminance msb, luminance lsb
    if (Wire.available() == 2)
    {
        bufGY49[0] = Wire.read();
        bufGY49[1] = Wire.read();
    }

    // Convert the data to lux
    int exponent = (bufGY49[0] & 0xF0) >> 4;
    int mantissa = ((bufGY49[0] & 0x0F) << 4) | (bufGY49[1] & 0x0F);
    float luminance = pow(2, exponent) * mantissa * 0.045;
    lux = luminance;
    wattM2 = luminance * 0.0079;
    /*
    Serial.print("intensitas: ");
    Serial.println(wattM2);
    */
}
```

```
void readVolt()
```

```

{
  unsigned int adcVolt = analogRead(voltPin);
  volt = adcVolt/1023.f*5.22f*5;
  /*
  Serial.print("Volt: ");
  Serial.println(volt);
  */
}

```

```

void readCurrent()
{
  adcCurrent = (analogRead(currentPin) / 1023.f)*5000.f;
  current = (adcCurrent - offsetCurrent) / sensitivity;
  if(current < 0)
  {
    if(current > -0.3)
    {
      current = 0;
    }
    else
    {
      current = -current;
    }
  }
  else{ }
  power = current*volt;
  /*
  Serial.print("Arus: ");
  Serial.println(current);
  Serial.print("Daya: ");
  Serial.println(power);
  */
}

```

```

void kirimSerial()
{
  Serial.print("*");
  Serial.print(wattM2);
  Serial.print(";");
}

```



```
Serial.print(volt);  
Serial.print(";");  
Serial.print(current);  
Serial.print(";");  
Serial.print(power);  
Serial.print("#");  
}
```